

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Проект сонячної електростанції встановленою потужністю 16 МВт

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТс-41
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

	<u>Жуковський М.М.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Сисак І.М.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Мовчан Л.Т.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Тарасенко М. Г.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Жуковського Миколи Мироновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект сонячної електростанції встановленою потужністю 16 МВт

Керівник роботи Сисак Іван Михайлович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затвержені наказом ректора від «23» січня 2023 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Потужність встановлених трансформаторів 2 x 10 МВА, розрахункова електрична потужність – 16 МВт, встановлена потужність фотоелектричних модулів – 19,44 МВт, коефіцієнт потужності – 0,9-1,0, розрахункова електрична потужність власних потреб – 25 кВт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. _____ 1л. ф – А1

2. _____ 1л. ф – А1

3. _____ 1л. ф – А1

4. _____ 1л. ф – А1

5. _____ 1л. ф – А1

6. _____ 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці			
Нормоконтроль	Мовчан Л.Т., к.т.н., доцент кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання _____ 2023 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.03.2023	
2	Аналітичний розділ	28.03.2023	
3	Проектно-конструкторський розділ	31.04.2023	
4	Розрахунковий розділ	30.05.2023	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2023	
6	Загальні висновки	03.06.2023	
7	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2023	
8	Оформлення графічної частини	06.06.2023	

Студент _____
(підпис)

Жуковський М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сисак І.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс-41. - Т. : ТНТУ, 2023.

Стор. 69; рис. 37; табл. 35; креслень 6; джерел 13; додатків 20.

Робота бакалавра виконана згідно завдання на тему: «Проект сонячної електростанції встановленою потужністю 16 МВт».

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проекту сонячної електростанції встановленою потужністю 16 МВт.

Показано структурну схему електричних з'єднань 10 кВ. Запропоновано план ЗРП-10 кВ та показано схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ. Показана однолінійна схема основної мережі. Показано вивід кабельної лінії з КТП, прокладання кабельної лінії по та за території ФЕС, перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал, прокладання кабельної лінії в кабельному каналі, ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ. Проведена перевірка кабельної лінії по допустимому струму та втратам напруги. Здійснено розрахунок потреби у барабанах. Показано схему вводу кабелю в комірку ЗРП-10 кВ на ПС 110/10 кВ, прохід кабелів під дорогою. Здійснено розрахунок зусиль натягу для одножильних кабелів. Здійснено розрахунки вибору кабелю АПвЕгаП-20 перерізом 1x500(г)/35. Запропонована однолінійна схема електропостачання. Показано обладнання КТП. Запропонована схема електрична принципова РП-10 кВ КТП, схема електрична принципова РП-0,8 кВ КТП. Показана схема електрична принципова ЩР, схема електрична принципова ЩВП, схема електрична принципова КТП, схема електрична принципова АВР, схема електрична принципова КТП-1, схема електрична принципова РЩ-1-РЩ-4. Запропонована схема підключення фотомодулів до інвертора тип - №1.

Ключові слова: СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ПОТУЖНІСТЬ, ЗАКРИТИЙ РОЗПОДІЛЬЧИЙ ПРИСТРІЙ, ОДНОЛІНІЙНА СХЕМА.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Основні технічні показники.....	9
1.2 Генеральний план.....	9
1.2.1 Загальна характеристика географічного положення об'єкту.....	9
1.2.2. Схема генерального плану.....	10
1.3 Принцип роботи сонячної електростанції та особливості будови..	13
1.4 Види сонячних панелей.....	13
1.5 Кут нахилу сонячних панелей.....	14
1.6 Куди встановлюється сонячна електростанція.....	14
1.7 Як вибрати сонячні панелі.....	14
1.8 Постановка задач	15
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Загальні дані.....	17
2.1.1 Ділянка №1. Прокладання КЛ-10 кВ по території ФЕС.....	17
2.1.2 Ділянка №2. Прокладання КЛ-10 кВ за територією ФЕС....	18
2.1.3 Ділянка №3. Прокладання КЛ-10 кВ на території ПС.....	18
2.2 Структурна схема електричних з'єднань 10 кВ.....	19
2.3. План ЗРП-10 кВ. Схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ.....	20
2.4 Однолінійні схеми основної мережі.....	20
2.5 Вивід кабельної лінії з КТП.....	20
2.6 Прокладання кабельної лінії по території ФЕС.....	20
2.7 Прокладання кабельної лінії за територією ФЕС.....	21
2.8 Перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал.....	22
2.9 Прокладання кабельної лінії в кабельному каналі ЛК-6.....	23
2.10 Прокладання кабельної лінії в кабельному каналі ЛК-4.....	23
2.11 Ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ.....	24

2.12	Перевірка кабельної лінії по допустимому струму та втратам напруги.....	25
2.13	Розрахунок потреби у барабанах.....	26
2.14	Схема вводу кабелю в комірку ЗРП-10 кВ на ПС 110/10 кВ.....	27
2.15	Прохід кабелів під дорогою.....	27
2.16	Розрахунок зусиль натягу для одножильних кабелів.....	28
2.17	Розрахунки вибору кабелю АПВЕгаП-20 перерізом 1x500(г)/35..	34
2.18	Висновки до Розділу 2.....	36
3	ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	37
3.1	Основні характеристики системи.....	37
3.2	Загальні дані.....	37
3.3	Основні показники.....	39
3.4	Показники власних потреб.....	39
3.5	Однолінійна електрична схема.....	40
3.6	Обладнання КТП.....	40
3.7	Схема електрична принципова РП-10 кВ КТП (тип №1).....	41
3.8	Схема електрична принципова РП-0,8 кВ КТП.....	43
3.9	Схема електрична принципова ЩР.....	46
3.10	Схема електрична принципова ЩВП.....	48
3.11	Схема електрична принципова АВР.....	49
3.12.	Схема електрична принципова КТП-1.....	51
3.13	Схема електрична принципова РЩ-1, РЩ-2, РЩ-3, РЩ-4.....	52
3.14	Схема підключення фотомодулів до інвертора тип - №1.....	53
3.15	План мережі постійного струму (ділянка №1).....	54
3.16	План мережі змінного струму (ділянка №1).....	56
3.17	План зведених мереж (ділянка №1).....	57
3.18	Влаштування кабельних проходів у КТП.....	58
3.19	Схема підключення приладів обліку.....	59
3.20	Висновки до Розділу 3.....	61

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	62
4.1 Вибухопожежна безпека та протипожежний захист.....	62
4.2 Техніка безпеки.....	64
4.3 Охорона праці.....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68
ДОДАТКИ.....	1
Додаток А. Структурна схема електричних з'єднань 10 кВ.....	2
Додаток Б. План ЗРП-10 кВ. Схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ.....	3
Додаток В. Однолінійні схеми основної мережі.....	5
Додаток Д. Вивід кабельної лінії з КТП.....	7
Додаток Е. Прокладання кабельної лінії по території ФЕС.....	8
Додаток Є. Прокладання кабельної лінії по території ФЕС.....	9
Додаток Ж. Прокладання кабельної лінії за територією ФЕС.....	10
Додаток З. Перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал.....	11
Додаток И. Прокладання кабельної лінії в кабельному каналі.....	12
Додаток І. Ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ.....	13
Додаток Ї. Схема вводу кабелю в комірку ЗРП-10 кВ на ПС 110/10 кВ.....	14
Додаток Й. Прохід кабелів під дорогою.....	15
Додаток К. Однолінійна електрична схема.....	16
Додаток Л. Обладнання КТП.....	17
Додаток М. Схема електрична принципова РП-10 кВ КТП (тип №1).	18
Додаток Н. Схема електрична принципова РП-0,8 кВ КТП.....	19

ВСТУП

Актуальність теми. Сонячна енергетика – вигідна інвестиція. Розумно інвестувати гроші можна в різні варіанти. Вкласти кошти в невичерпний, вічний ресурс планети Сонце є вигідно та розумно. На даний час сонячні електростанції є трендовим продуктом протягом останніх пару десятиліть на ринку відновлювальної енергетики. Це пояснюється тим, що сонячну електростанцію можна встановлювати для власного використання так й для того, щоб продавати електричну енергію державі і на цьому заробляти на «Зеленому» тарифі [1].

Сонячні панелі приваблюють своєю незалежністю та заробітком. СЕС – вигідне капіталовкладення для того щоб заробляти згідно “зеленого” тарифу. [1]

Переваги СЕС [1]:

- Можливість заробляти на «зеленому» тарифі;
- Інвестиція окупляється за термін від 4.5 років;
- Тривалий термін служби.

Тому, розробка проекту сонячної електростанції встановленою потужністю 16 МВт є актуальною задачею.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проекту сонячної електростанції встановленою потужністю 16 МВт.

Завдання:

- Показати структурну схему електричних з'єднань 10 кВ;
- Запропонувати план ЗРП-10 кВ та показати схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ;
- Показати однолінійну схему основної мережі;
- Показати вивід кабельної лінії з КТП, прокладання кабельної лінії по території ФЕС, прокладання кабельної лінії за територією ФЕС, перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал, прокладання кабельної лінії в кабельному каналі, ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ;

- Провести перевірку кабельної лінії по допустимому струму та втратам напруги;
- Здійснити розрахунок потреби у барабанах;
- Показати схему вводу кабелю в комірку ЗРП-10 кВ на ПС 110/10 кВ, прохід кабелів під дорогою;
- Здійснити розрахунок зусиль натягу для одножильних кабелів;
- Здійснити розрахунки вибору кабелю АПвЕгаП-20 перерізом 1х500(г)/35.
- Запропонувати однолінійну схему електропостачання;
- Показати обладнання КТП двох типів;
- Запропонувати схему електричну принципову РП-10 кВ КТП (тип №1), схему електричну принципову РП-0,8 кВ КТП;
- Показати схему електричну принципову ЩР, схему електричну принципову ЩВП, схему електричну принципову КТП (тип №3), схему електричну принципову АВР, схему електричну принципову КТП-1, схему електричну принципову РЩ-1-РЩ-4;
- Запропонувати схему підключення фотомодулів до інвертора тип - №1 та провести порівняльну характеристику різних варіантів з'єднань «сонячного» кабелю;
- Запропонувати план мережі власних потреб, план мережі постійного струму (ділянка №1), план мережі змінного струму (ділянка №1), план зведених мереж (ділянка №1);
- Показати влаштування кабельних проходів у КТП;
- Запропонувати схему підключення приладів обліку.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Основні технічні показники

- Категорія надійності електропостачання - III;
- Джерело електропостачання: - ПС 110/10кВ;
- Точка забезпечення потужності: - I секція та II секція шин ЗРП-10 кВ ПС 110/10 кВ;
- Потужність встановлених трансформаторів: - 2x10 МВА;
- Розрахункова електрична потужність: - 16,0 МВт;
- Встановлена потужність фотоелектричних модулів: - 19,44 МВт;
- Коефіцієнт потужності: - 0,9-1,0;
- Річне вироблення електроенергії: - 23,2 ГВт·год;
- Розрахункова електрична потужність власних потреб: - 25,0 кВт;
- Річне споживання власних потреб: - 102,5 тис. кВт·год.

1.2 Генеральний план

1.2.1 Загальна характеристика географічного положення об'єкту

Адміністративно територія СЕС знаходиться на околиці міста. Географічно ділянка розташована в північній частині міста.

В геоструктурному відношенні район розташований на південно-західному схилі Українського кристалічного щита.

Рельєф ділянки представлений ухилом з заходу на схід. Перепад висот по ділянці знаходиться в межах абсолютних відміток 214,0 м – 206,50 м.

Територія вільна від забудови і вкрита покривом трав'яної рослинності, по ділянці розосереджені невеликі чагарники та дерева. Майданчик перетинає три польові дороги.

З південної сторони на відстані 40 м, розміщена електрична підстанція ПС 110/10 кВ. Вздовж південної сторони майданчика проходить повітряна ЛЕП 110 кВ.

1.2.2. Схема генерального плану

Розташування обладнання, будівель, споруд і комунікацій СЕС виконується з урахуванням забезпечення:

1. максимального використання сонячного потенціалу;
2. використання ефективних методів проведення будівельних і монтажних робіт;
3. ревізії, ремонту і випробування устаткування із застосуванням машин, механізмів та пересувних лабораторій;
4. доставки великовагового устаткування за допомогою автотранспортних засобів;
5. під'їздів пожежних автомобілів.

На ділянці розташовуються фотоелектричні модулі сумарною потужністю 16 МВт. Орієнтація модулів на ділянці СЕС виконана робочою площиною на південь.

Фотоелектричні модулі розташовуються неперервними рядами. Відстань між рядами становить 5,65 м.

Для транспортування обладнання у період будівництва та обслуговування фотоелектричних модулів, інверторів та іншого обладнання у період експлуатації передбачено мережу внутрішніх технологічних проїздів.

Передбачається будівництво технологічних проїздів, які з'єднані між собою. Осі проїздів прокладені із врахуванням максимальної густоти забудови фотоелектричних модулів. На територію СЕС передбачається 4 заїзди, 3 з яких розташовані з західної сторони та один із північної сторони.

До будівель і споруд передбачаються під'їзди і влаштовані майданчики для обслуговування. Біля адміністративно – побутової будівлі, яка розміщена на заході майданчика, влаштовується тимчасова автостоянка на 3 машино-місця.

Параметри проїздів прийняті з урахуванням технічних характеристик автомобільного транспорту, який буде задіяний на період будівництва та експлуатації.

Радіуси заокруглень у плані та примикань на перехрестях враховані відповідно до норм технологічного проектування і складають 6 - 15 м по кромці проїзду. Ширина проїздів складає 3,5 м.

Проектні рішення прийняті таким чином, щоб досягнути максимального балансу земляних мас при будівництві.

План організації рельєфу по проїздах максимально повторює існуючу лінію рельєфу з урахуванням можливості розміщення майданчиків під спорудження інверторів. Встановлення столів фотоелектричних модулів передбачається без улаштування організації вертикального планування і здійснюватиметься по існуючому рельєфу.

Водовідвід забезпечується поздовжніми та поперечними ухилами проїзду. Поперечний похил проїздів прийнятий 2-3%, узбіччя 2%. По території поверхнева вода відводиться по природному схилу у понижені місця за допомогою водозбірних кюветів, а також інфільтрується у ґрунт.

Схема генерального плану показана на рисунку 1.1.

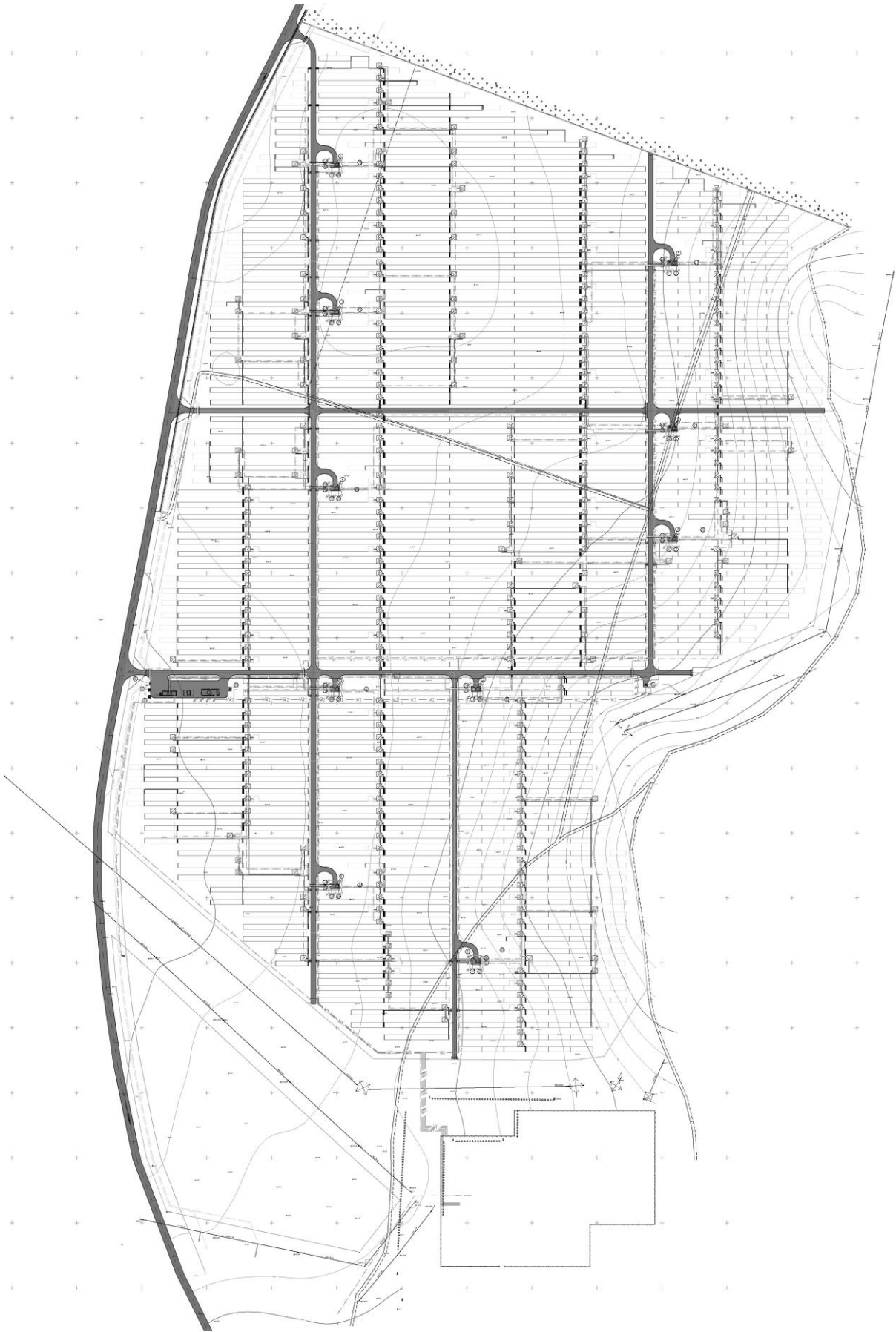


Рисунок 1.1 - Схема генерального плану.

1.3 Принцип роботи сонячної електростанції та особливості будови.

СЕС складається з сонячних панелей, комутації і кріплення, інвертора. [1]

- Сонячна панель — це зовнішня частина сонячної електростанції, яка поглинає сонячне світло;
- Комутація — це система захисту сонячної електростанції (автоматичні вимикачі, запобіжники, двонапрямний лічильник, обмежувачі перенапруги);
- Інвертор - відповідає за роботу сонячної електростанції, перетворює постійний струм у змінний струм;
- Конструкція - на неї монтується усе обладнання сонячної електростанції.

Кожна батарея складається із фотоелектричних перетворювачів. В даних перетворювачах сонячна енергія перетворюється у електричну енергію. Часто фотоелементи виготовляють з напівпровідника - кремнію. Фотоперетворювач складається із двох пластин. Одна з пластин має надлишок електронів, а інша пластина має «дірки» для електронів, вільні місця. Між двома пластинами розташувалася зона, що не дає переходити надлишковим електронам в той шар, де таких електронів не вистачає. [1, 2]

Фотоелементи панелей можуть відрізнятися формами та розміром. [1]

1.4 Види сонячних панелей

Види фотоелектричних панелей відрізняються ККД. Коефіцієнт корисної дії робочої панелі показує кількість сонячної енергії, що перетворюється у електричний струм, яка потрапить на поверхню панелі. [1]

1.5 Кут нахилу сонячних панелей

Кут нахилу сонячних панелей впливає на продуктивність сонячної електростанції. Ідеальною вважаються орієнтація на південь та падіння променів, що перпендикулярно площині панелей. Кут в 35–45 градусів являється найоптимальнішим рівнем нахилу панелей під час установки. [1, 3]

1.6 Куди встановлюється сонячна електростанція

СЕС можна встановлювати на відкриту ділянку землі або на дах.

Для високої продуктивності сонячної електростанції потрібно відкритий простір та вільне надходження сонячного світла. Тому сонячні панелі не повинні бути закритими кущами, деревами чи іншими предметами. [1, 4]

1.7 Як вибрати сонячні панелі

Коефіцієнт корисної дії. ККД значення вказує скільки сонячної енергії, що потрапляє на сонячну панель, буде перетворено у електричний струм. У полікристалічних та монокристалічних моделей різниця у ККД мала. В випадку, якщо місце для встановлення сонячної електростанції обмежене, слід звернути увагу на те, що за допомогою сонячних панелей з високим коефіцієнтом корисної дії можна зменшити площу, потрібну для установки.

Гарантія. Гарантія має бути тривалою, не на пару років. Гарантія потрібна тоді, коли стається гарантійний випадок.

Температурний коефіцієнт. Вказує чи може зменшитися генерація у зв'язку з підвищення температури на один градус. В сонячних панелей даний коефіцієнт становить $-0,4\%$ на 1°C .

Допустима похибка номінальної потужності. Цей параметр може відрізнятись від потужності, яка зазначена у документах.

1.8 Постановка задач

- Показати структурну схему електричних з'єднань 10 кВ;
- Запропонувати план ЗРП-10 кВ та показати схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ;
- Показати однолінійну схему основної мережі;
- Показати вивід кабельної лінії з КТП, прокладання кабельної лінії по території ФЕС, прокладання кабельної лінії за територією ФЕС, перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал, прокладання кабельної лінії в кабельному каналі, ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ;
 - Провести перевірку кабельної лінії по допустимому струму та втратам напруги;
 - Здійснити розрахунок потреби у барабанах;
 - Показати схему вводу кабелю в комірку ЗРП-10 кВ на ПС 110/10 кВ, прохід кабелів під дорогою;
 - Здійснити розрахунок зусиль натягу для одножильних кабелів;
 - Здійснити розрахунки вибору кабелю АПвЕгаП-20 перерізом 1x500(Г)/35.
- Запропонувати однолінійну схему електропостачання;
- Показати обладнання КТП двох типів;
- Запропонувати схему електричну принципову РП-10 кВ КТП (тип №1), схему електричну принципову РП-0,8 кВ КТП;
- Показати схему електричну принципову ЩР, схему електричну принципову ЩВП, схему електричну принципову КТП (тип №3), схему електричну принципову АВР, схему електричну принципову КТП-1, схему електричну принципову РЩ-1-РЩ-4;

- Запропонувати схему підключення фотомодулів до інвертора тип - №1 та провести порівняльну характеристику різних варіантів з'єднань «сонячного» кабелю;
- Запропонувати план мережі власних потреб, план мережі постійного струму (ділянка №1), план мережі змінного струму (ділянка №1), план зведених мереж (ділянка №1);
- Показати влаштування кабельних проходів у КТП;
- Запропонувати схему підключення приладів обліку.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальні дані

Кабельна лінія КЛ-10 кВ складається з декількох окремих віток. Електропостачання включає у себе КЛ-10 кВ, по яким здійснюватиметься генерація виробленої електроенергії, і закінчується на кабельних муфтах у комірках ЗРП-10 кВ на ПС 110/10 кВ.

КЛ-10 кВ бере свій початок з РП-10 кВ комплектних трансформаторних підстанцій КТП-1, КТП-3, КТП-8, КТП-10, що знаходяться на території ФЕС, і закінчується у лінійних комірках типу КВЕ-6-13 на ЗРП-10 кВ ПС 110/10кВ, які підлягають реконструкції.

Крім ліній, які з'єднують крайні точки збору потужності КТП, розробляються КЛ-10 кВ, які об'єднуються всі КТП, що знаходяться на території ФЕС між собою.

Для КЛ-10 кВ вибирається кабель типу АПвЕгаП, з алюмінієвими жилами та ізоляцією із зшитого поліетилену, з поздовжньою та поперечною герметизацією екрана і зовнішньою оболонкою із поліетилену, перерізом однієї жили 1x500. Кожна окрема лінія складається з трьох одножильних кабелів, які прокладаються трикутником.

КЛ-10 кВ умовно можна розділити на три ділянки.

2.1.1 Ділянка №1. Прокладання КЛ-10 кВ по території ФЕС.

Прокладання КЛ-10 кВ на території ФЕС здійснюється у траншеях. Основні магістральні кабелі (по яких здійснюватиметься видача генерації) прокладаються у траншеях спільно з кабельними лініями КЛ-10 кВ, які з'єднують між собою комплексні трансформаторні підстанції КТП.

Мережі прокладаються у траншеях на глибині 0,8 м. По всій довжині над КЛ-10 кВ прокладається сигнальна стрічка. При перетині дороги КЛ-10 кВ прокладаються у двухстінній гофрованій трубі на глибині 1 м. Виведення труб

за межі дороги слід виконувати на відстань не менше ніж 2 м. При перехрещенні мереж КЛ-10 кВ одну з кабельних ліній потрібно захвати у двухстінні гофровані труби і прокласти її на відстані від інших мереж не менше ніж 0,25 м.

Мережі прокладаються з дотриманням відстані між сусідніми кабелями 0,2 м. При прокладанні мережі потрібно також витримувати відстані 1 м від дороги та 0,6 м від фундаментів будівель, в тому числі металевих стійок столів для кріплення фотомодулів.

2.1.2 Ділянка №2. Прокладання КЛ-10 кВ за територією ФЕС.

Прокладання КЛ-10 кВ за територією ФЕС здійснюється у траншеях. Мережі прокладаються у траншеях на глибині 0,8 м. Відстань між сусідніми кабелями в даному місці збільшується до 1 м.

Територія сонячної електростанції межує з територією електричної підстанції ПС 110/10кВ? до якої здійснюється приєднання, тому відводити землі у тимчасове користування для виконання будівельних робіт не потрібно.

Кабель у траншеї за територією ФЕС захищається цеглою і вже над нею прокладається сигнальна стрічка (як основна), це обумовлено великою імовірністю механічних пошкоджень КЛ-10 кВ.

2.1.3 Ділянка №3. Прокладання КЛ-10 кВ на території ПС.

КЛ-10 кВ на території ПС 110/10кВ прокладаються у кабельному каналі лоткового типу ЛК з кришкою, що закривається. КЛ-10 кВ у кабельному каналі встановлюються на полиці (полки), які у свою чергу закріплюються на несучих стійках за допомогою скоб. Кріплення КЛ-10 кВ до полицок здійснюється за допомогою хомутів. Крім кріплення за допомогою хомутів, одножильні кабелі, які прокладаються по три створюючи таким чином трьохфазну електричну мережу по всій довжині, через кожні 0,7 м, стягаються кабельними стяжками (утворюючи трикутник).

У кабельному каналі крім силових кабелів КЛ-10 кВ передбачається також прокладання інформаційних (ВОЛЗ) кабелів. Тому для розмежування даних мереж між кабельними полицями встановлюються вогнезахисні перегородки. Вогнезахисна перегородка представляє собою відрізки азбестоцементної дошки довжиною 1 м. Відрізки скріплюються між собою за допомогою спеціальних з'єднувачів. Дошка прикріплюється до верхньої полиці за допомогою підвісок. Мережі ВОЛЗ прикріплюються до полиць за допомогою хомутів.

При монтажі кабелів витримувати мінімальні відстані від кабельної лінії в траншеї до:

- фундаментів споруд - 0,6 м при паралельній трасі;
- інших кабельних ліній всіх напруг та кабелів зв'язку - 0,5 м;
- бровки кювета або підшви насипу дороги - 1,0 м;
- опори повітряної лінії електропередач ПЛ-0,4 кВ та контактної лінії зв'язку - 0,5 м;

Електричний опір ізоляції повинен відповідати технічним умовам на даний вид продукції. Перед введенням в експлуатацію будівлі необхідно виміряти опір ізоляції за допомогою мегаомметра.

Траншею для прокладання кабелів 10 кВ на ділянках №1 та №2 дозволяється виконувати механізовано. На території ПС 110/10 (ділянка №3) розробку траншеї, під установку кабельного каналу лоткового типу, виконують тільки вручну, це пов'язано з великою імовірністю наявності існуючих електричних мереж на території ПС.

Роботи на території ПС виконують у присутності представників власників комунікацій, що знаходяться у зоні прокладання кабельної лінії.

Роботи виконують згідно з вимогами [5, 6, 7].

2.2 Структурна схема електричних з'єднань 10 кВ.

На рисунку 2.1 показано структурну схему електричних з'єднань 10 кВ. (Додаток А).

2.3. План ЗРП-10 кВ. Схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ.

На рисунку 2.2 показано план ЗРП-10 кВ. (Додаток Б).

На рисунку 2.3 показано схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ. (Додаток Б).

2.4 Однолінійні схеми основної мережі.

На рисунку 2.4 та рисунку 2.5 показано однолінійні схеми основної мережі. (Додаток В).

2.5 Вивід кабельної лінії з КТП.

На рисунку 2.6 показано вивід кабельної лінії з комплектної трансформаторної підстанції. (Додаток Д).

Таблиця 2.1

Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	RDSS-125	Надувний ущільнювач	2	шт
2	S1052-1-500	Герметизуюча стрічка	2	шт
3		Труба двухстінна гофрована D=125 м	12	м
4		Замазка, вогнестійка Ендотерм ХТ-150	0,4	м ³
5		Мята глина з волокнистим наповнювачем	0,75	м ³

2.6 Прокладання кабельної лінії по території ФЕС

На рисунку 2.7 показано габарити траншеї. (Додаток Е).

В таблиці 2.2 подано об'єми земельних робіт для траншеї.

Тип траншеї	В, мм	Н, мм	Розробка траншеї, на 100 мм ³	Зворотня засипка, на 100 мм ³	Піщано-гравійна підсипка, на 100 мм ³	Глибина прокладання КЛ, мм
Т-2	300	1000	40	11,5	28,5	800
Т-4	500	1000	60	18,3	41,7	800

На рисунку 2.8 показано прокладання КЛ-10 кВ по території ФЕС. (Додаток Є).

При монтажі одножильні кабелі із ЗПЕ прокладаються трикутником, стягування кабельної лінії здійснюється кабельними стяжками КСС через кожні 0,7 м.

Таблиця 2.3

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
	Т-4	Загальна довжина траншеї (по території ФЕС)	725,4	м
	Т-2	Загальна довжина траншеї (по території ФЕС)	922,1	м
1	ЛС-П-450	Сигнальна стрічка шириною b=450 мм	725,4	м
	ЛС-П-300	Сигнальна стрічка шириною b=300 мм	922,1	м
2	КСС	Кабельна стяжка КСС 5·400	3390	шт

Найменування виду робіт: розробка траншеї механізована; розробка траншеї вручну; піщано-гравійна підсипка; зворотня засипка пазух.

2.7 Прокладання кабельної лінії за територією ФЕС

На рисунку 2.9 показано прокладання кабельної лінії за територією ФЕС. (Додаток Ж).

Таблиця 2.4

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
	T-2	Загальна довжина траншеї (за територією ФЕС)	320	м
1	ЛС-П-300	Сигнальна стрічка шириною b=300 мм	320	м
2	КСС	Кабельна стяжка КСС 5·400	460	шт
3		Цегла типу КрПв-1/75/1650/15	2670	шт

Найменування виду робіт: розробка траншеї механізована; розробка траншеї вручну; піщано-гравійна підсіпка; зворотня засипка пазах.

2.8 Перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал.

На рисунку 2.10 показано перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал. (Додаток 3).

Таблиця 2.5

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
1	ТУ19-215-83	Труба сталевіа d=100 мм	4	м
2	RDSS-100	Надувний ущільнювач	8	шт
3	RDSS-Clip	Вставка герметизуюча	8	шт
4	S1052-1-500	Герметизуюча стрічка	8	шт
5	Ендотерм ХТ-150	Замазка, вогнестійка Ендотерм ХТ-150	0,2	м ³
6		М'ята глина з волокнистим наповнювачем	0,4	м ³

Кінці труб, а також самі труби ущільнюють вогнегасними надувними ущільнювачами. Траншею для прокладання кабелів у зоні інших комунікацій копають виключно в ручну у присутності представників власників комунікацій, що знаходяться у зоні прокладання кабельної лінії. Довжину силових кабелів перед нарізанням уточнюють по місцю.

2.9 Прокладання кабельної лінії в кабельному каналі ЛК-6

На рисунку 2.11 показано прокладання кабельної лінії в кабельному каналі ЛК-6. (Додаток И).

Таблиця 2.6

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
	ЛК-6	Кабельний канал розмірами 1180x430	42	м
1	К-1150 Ц УТ1.5	Стійка кабельна, оцинкована, L=400 мм	84	шт
2	К-1163 Ц- 500Н	Полка кабельна, L=450 мм	168	шт
3	К-1157 Ц	Скоба для кріплення кабельних стійок	168	шт
4		Вогнестійка перегородка (дошка дугостійка $\delta=8$ мм, 1000x400 мм)	84	м
5	К-1165	Підвіска кабельна	84	шт
6	К-1157	З'єднувач перегородок К168 ц	166	шт
7	DKC 25220	Хомут кабельний поліамідний, L=430 мм	168	шт
8	DKC 25308	Хомут кабельний поліамідний, L=370 мм	168	шт
9	КСС	Кабельна стяжка КСС 5·400	240	шт
10	К-1156	Ключ для монтажу полок на стійках	2	шт
11		Полоса Б-40x4 мм (заземлення)	94	м

2.10 Прокладання кабельної лінії в кабельному каналі ЛК-4

На рисунку 2.12 показано прокладання кабельної лінії в кабельному каналі ЛК-4. (Додаток И).

Таблиця 2.7

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
	ЛК-4	Кабельний канал розмірами 580x430	36	м
1	К-1150 Ц УТ1.5	Стійка кабельна, оцинкована, L=400 мм	36	шт
2	К-1163 Ц- 500Н	Полка кабельна, L=450 мм	72	шт
3	К-1157	Скоба для кріплення кабельних стійок	72	шт
4		Вогнестійка перегородка (дошка дугостійка $\delta=8$ мм, 1000x400 мм)	36	м
5	К-1165	Підвіска кабельна	36	шт
6	К-1157	З'єднувач перегородок К168 ц	70	шт
7	DKC 25220	Хомут кабельний поліамідний, L=430 мм	72	шт
8	DKC 25308	Хомут кабельний поліамідний, L=370 мм	72	шт
9	КСС	Кабельна стяжка КСС 5·400	104	шт
10		Полоса Б-40x4 мм (заземлення)	41	м

2.11 Ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ.

На рисунку 2.13 показано ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ. (Додаток І).

Таблиця 2.8.

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
		Вузол 3		
1	RDSS-100	Надувний ущільнювач	8	шт
2	RDSS-Clip	Вставка герметизуюча	8	шт
3	S1052-1-500	Герметизуюча стрічка	8	шт
4	ТУ19-215-83	Труба сталевіа d=100 мм	4	м
5		Замазка, вогнестійка Ентодерм ХТ-150	0,2	м ³
6		М'ята глина з волокнистим наповнювачем	0,4	м ³

Мережі КЛ-10 кВ прокладаються трикутником і з'єднуються стяжками по довжині проводки через кожні 0,7 м.

При згинанні кабелю витримують мінімальні радіуси.

2.12 Перевірка кабельної лінії по допустимому струму та втратам напруги.

Розрахунок представимо в табличній формі.

Таблиця 2.9 - Перевірка кабельної лінії по допустимому струму та втратам напруги

№	Звідки	Куди	Довжина, м	Потужність, в нормальному режимі $P_{\text{норм}}$, кВт	$\cos\phi$	Розрах. струм I, А	Марка кабелю, перетин	Допуст. струм I, А	Перевірка по умові допустим. струму $I_p \leq I_{\text{доп}}$	Повний опір жили, Ом/км	Втрати напруги, В	Втрати напруги, %	Перевірка по умові втрати напруги $\% \leq 5\%$
1	КТП-1	ком. №3 I секція ЗРП-10 кВ	260	3200	0,9	205,5	3хАПвЕгаП-20 1х500(р)/35	526	205,5 ≤ 526	0,0605	5,6000	0,0500	Виконується
2	КТП-2	КТП-1	255	1600	0,9	102,7	3хАПвЕгаП-20 1х300(р)/25	414	102,7 ≤ 414	0,1	4,5300	0,0430	Виконується
3	КТП-3	ком. №4 I секція ЗРП-10 кВ	760	4800	0,9	308,3	3хАПвЕгаП-20 1х500(р)/35	526	308,3 ≤ 526	0,0605	24,5200	0,2452	Виконується
4	КТП-4	КТП-3	125	3200	0,9	205,5	3хАПвЕгаП-20 1х300(р)/25	414	205,5 ≤ 414	0,1	4,4500	0,0450	Виконується
5	КТП-5	КТП-4	170	1600	0,9	102,7	3хАПвЕгаП-20 1х185(р)/25	317	102,7 ≤ 317	0,125	3,7700	0,0377	Виконується
6	КТП-6	КТП-7	155	1600	0,9	102,7	3хАПвЕгаП-20 1х185(р)/25	317	102,7 ≤ 317	0,125	3,4400	0,0344	Виконується
7	КТП-7	КТП-8	180	3200	0,9	205,5	3хАПвЕгаП-20 1х300(р)/25	414	205,5 ≤ 414	0,1	6,4000	0,0640	Виконується
8	КТП-8	ком. №13 II секція ЗРП-10 кВ	685	4800	0,9	308,3	3хАПвЕгаП-20 1х500(р)/35	526	308,3 ≤ 526	0,0605	22,1000	0,2210	Виконується
9	КТП-9	КТП-10	195	1600	0,9	102,7	3хАПвЕгаП-20 1х300(р)/25	414	102,7 ≤ 414	0,1	3,4700	0,0347	Виконується
10	КТП-10	ком. №15 II секція ЗРП-10 кВ	370	3200	0,9	205,5	3хАПвЕгаП-20 1х500(р)/35	526	205,5 ≤ 526	0,0605	7,9500	0,0795	Виконується

2.13 Розрахунок потреби у барабанах.

Розрахунок представимо в табличній формі.

Таблиця 2.10

№	Довжина, м	Марка кабелю, перетин	Тип барабана	К-сть барабанів	Макс. довжина на барабані	Макс. Маса брутто, кг	З'єднувальні муфти
1	260	3хАПвЕгаП- 20 1х500(г)/35	№ 22УД- 60	2	661	2600	ні
2	255	3хАПвЕгаП- 20 1х300(г)/25	№ 18аУД- 40	1	879	2100	ні
3	760	3хАПвЕгаП- 20 1х500(г)/35	№ 20аУД- 60	3	810	2800	так
4	125	3хАПвЕгаП- 20 1х300(г)/25	№ 18аУД- 40	1	879	2100	ні
5	170	3хАПвЕгаП- 20 1х185(г)/25	№ 18аУД- 40	1	1086	2000	ні
6	155	3хАПвЕгаП- 20 1х185(г)/25	№ 18аУД- 40	1	1086	2000	ні
7	180	3хАПвЕгаП- 20 1х300(г)/25	№ 18аУД- 40	1	879	2100	ні
8	685	3хАПвЕгаП- 20 1х500(г)/35	№ 20аУД- 60	3	810	2800	так
9	195	3хАПвЕгаП- 20 1х300(г)/25	№ 18аУД- 40	1	879	2100	ні
10	370	3хАПвЕгаП- 20 1х500(г)/35	№ 22УД- 60	3	661	2600	ні

2.14 Схема вводу кабелю в комірку ЗРП-10 кВ на ПС 110/10 кВ.

На рисунку 2.14 показано схему вводу кабелю в комірку ЗРП-10 кВ на ПС 110/10 кВ. (Додаток І).

2.15 Прохід кабелів під дорогою.

На рисунку 2.15 показано прохід кабелів під дорогою. (Додаток Й).

Труби для прокладання мереж повинні бути встановлені на свої місця до влаштування дороги. Одножильні кабелі із ЗПЕ прокладаються під полотном дороги у трубах на глибині не менше 1 м. Для кожної групи із трьох кабелів передбачається одна резервна труба згідно ПУЕ [7]. Всі резервні труби повинні бути закритими заглушками з обох сторін. Центр труб повинен умовно бути піднятим так, щоб кінці труб мали ухил не менше ніж 0,2%. Кінці труб ущільнюються м'ятою глиною з волокнистим наповнювачем, глибина замазки не менше ніж 0,3 м.

На рисунку 2.16 показано радіус згину кабелів при прокладці у трубах під дорогою. (Додаток Й).

Мінімальний радіус повороту для одножильного кабелю ЗПЕ перерізом 1х500 (діаметр кабелю 51 мм) становить 816 мм. Для кабелю 1х300 та 1х185 радіуси становлять 720 мм та 640 мм відповідно.

В таблиці 2.11 подано витратні матеріали.

Таблиця 2.11 – Витрата матеріалу

Матеріал	Витрати, м ³
М'ята глина з волокнистим наповнювачем	0,1200
Розчин Ендотерм ХТ-150	0,0070

В таблиці 2.12 подано витратні матеріали для всієї площадки ФЕС.

Таблиця 2.12 - Витратні матеріали для всієї площадки ФЕС

Матеріал	Витрати, м ³
М'ята глина з волокнистим наповнювачем	12,4800
Розчин Ендотерм ХТ-150	0,7280

2.16 Розрахунок зусиль натягу для одножильних кабелів.

Розрахунок проведемо в табличній формі.

На рисунку 2.17 показано схему для розрахунку КТП-1 – ком. №3 I секції ЗРП-10 кВ.

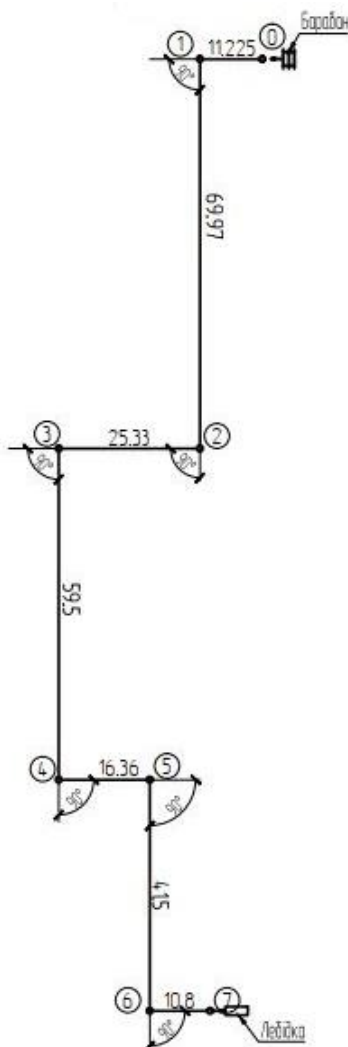


Рисунок 2.17 - КТП-1 – ком. №3 I секції ЗРП-10 кВ.

В таблиці 2.13 подано результати розрахунку.

Таблиця 2.13 - КТП-1 – ком. №3 I секції ЗРП-10 кВ

Позначення ділянки або номер вигину	Зусилля натягу в кінці ділянки, Н	Зусилля натягу на виході вигину, Н	Радіальний тиск на вигині, Н	Кількість кутових роликів на 1м довжини
0-1	57,3	-	-	
1	-	78,5	192,3	1
1-2	435,4	-	-	
2	-	596,1	1460,3	1
2-3	725,3	-	-	
3	-	993	2432,6	1
3-4	1296,5	-	-	
4	-	1775,1	4348,6	3
4-5	1775,1	-	-	
5	-	2430,3	5953,7	3
5-6	2430,3	-	-	
6	-	3327,4	8151,4	5
6-7	3327,4	-	-	

Таблиця 2.14 – КТП-2 – КТП-1

Позначення ділянки або номер вигину	Зусилля натягу в кінці ділянки, Н	Зусилля натягу на виході вигину, Н	Радіальний тиск на вигині, Н	Кількість кутових роликів на 1м довжини
0-1	40,3	-	-	
1	-	55,2	154,1	1
1-2	804,9	-	-	
2	-	1102	3076,3	3
2-3	1142,3	-	-	

Таблиця 2.15 - КТП-3 – ком. №4 I секції ЗРП-10 кВ

Позначення ділянки або номер вигину	Зусилля натягу в кінці ділянки, Н	Зусилля натягу на виході вигину, Н	Радіальний тиск на вигині, Н	Кількість кутових роликів на 1м довжини
0-1	57,3	-	-	
1	-	78,5	192,3	1
1-2	545,8	-	-	
2	-	474,3	1830,7	1
2-3	1517,6	-	-	
3	-	2077,8	5090,1	3
3-4	3616,9	-	-	
4	-	4952	12131,3	5
4-5	4952	-	-	
5-6	66,3	-	-	
6	-	90,8	222,4	1
6-7	394,3	-	-	
7	-	539,8	1322,4	1
7-8	623,3	-	-	
8	-	853,4	2090,6	1
8-9	1065,1	-	-	
9	-	1458,2	3572,3	3
9-10	1458,2	-	-	

Таблиця 2.16 – КТП-4 – КТП-3

Позначення ділянки або номер вигину	Зусилля натягу в кінці ділянки, Н	Зусилля натягу на виході вигину, Н	Радіальний тиск на вигині, Н	Кількість кутових роликів на 1м довжини
0-1	40,3	-	-	
1	-	55,2	154,1	1
1-2	357,7	-	-	
2	-	489,7	1367	1
2-3	530	-	-	

Таблиця 2.17 – КТП-5 – КТП-4

Позначення ділянки або номер вигину	Зусилля натягу в кінці ділянки, Н	Зусилля натягу на виході вигину, Н	Радіальний тиск на вигині, Н	Кількість кутових роликів на 1м довжини
0-1	30,4	-	-	
1	-	41,6	131,4	1
1-2	384,1	-	-	
2	-	525,9	1661,3	1
2-3	556,3	-	-	

Таблиця 2.18 – КТП-6 – КТП-7

Позначення ділянки або номер вигину	Зусилля натягу в кінці ділянки, Н	Зусилля натягу на виході вигину, Н	Радіальний тиск на вигині, Н	Кількість кутових роликів на 1м довжини
0-1	30,4	-	-	
1	-	41,6	131,4	1
1-2	346,5	-	-	
2	-	474,4	1498,6	1
2-3	504,8	-	-	

Таблиця 2.19 – КТП-7 – КТП-8

Позначення ділянки або номер вигину	Зусилля натягу в кінці ділянки, Н	Зусилля натягу на виході вигину, Н	Радіальний тиск на вигині, Н	Кількість кутових роликів на 1м довжини
0-1	40,3	-	-	
1	-	55,2	154,1	1
1-2	538,6	-	-	
2	-	737,4	2058,5	1
2-3	777,7	-	-	

Таблиця 2.20 - КТП-8 – ком. №13 II секції ЗРП-10 кВ

Позначення ділянки або номер вигину	Зусилля натягу в кінці ділянки, Н	Зусилля натягу на виході вигину, Н	Радіальний тиск на вигині, Н	Кількість кутових роликів на 1м довжини
0-1	57,3	-	-	
1	-	78,5	192,3	1
1-2	2094,1	-	-	
2	-	2502,2	5458,7	3
2-3	2808,3	-	-	
3	-	3217,9	6707,5	3
3-4	3304,6	-	-	
4-5	86,7	-	-	
5	-	118,7	290,8	1
5-6	422,2	-	-	
6	-	578	1416	1
6-7	661,5	-	-	
7	-	905,7	2218,8	1
7-8	1165,1	-	-	
8	-	1595,2	3907,9	3
8-9	1595,2	-	-	

Таблиця 2.21 - КТП-9 – КТП-10

Позначення ділянки або номер вигину	Зусилля натягу в кінці ділянки, Н	Зусилля натягу на виході вигину, Н	Радіальний тиск на вигині, Н	Кількість кутових роликів на 1м довжини
0-1	40,3	-	-	
1	-	55,2	154,1	1
1-2	596,8	-	-	
2	-	817,1	2281	1
2-3	857,4	-	-	

Таблиця 2.22 - КТП-10 – ком. №15-А II секція ЗРП-10 кВ

Позначення ділянки або номер вигину	Зусилля натягу в кінці ділянки, Н	Зусилля натягу на виході вигину, Н	Радіальний тиск на вигині, Н	Кількість кутових роликів на 1м довжини
0-1	57,3	-	-	
1	-	78,5	192,3	1
1-2	536,6	-	-	
2	-	641,2	1398,8	1
2-3	947,3	-	-	
3	-	1085,5	2262,7	1
3-4	1257,9	-	-	
4	-	1722,2	4219	3
4-5	1722,2	-	-	
5	-	2357,9	5776,3	3
5-6	2357,9	-	-	
6	-	3228,2	7908,4	5
6-7	3228,2	-	-	
7	-	4419,8	10827,5	5
7-8	4419,8	-	-	

2.17 Розрахунки вибору кабелю АПвЕгаП-20 перерізом 1x500(г)/35

Вибір кабелю по допустимому струму [11, 12, 13]:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{8000000}{1.73 \cdot 10000 \cdot 0,9} = \frac{800}{1.73 \cdot 1 \cdot 0,9} = 513,8 \text{ А};$$

$$\cos \varphi = 0,9 \dots 1$$

$$I \leq I_{\text{дон}}$$

$$I_{\text{дон}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot I_{\text{дон.табл.}} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 526 = 526,0 \text{ А};$$

$$513,8 \leq 526,0.$$

Перевірка по втратам напруги:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot Z;$$

$$Z = (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi);$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100;$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot Z = 1,73 \cdot 513,8 \cdot 0,26 \cdot 0,0605 = 13,98 \text{ В};$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 = \frac{13,98}{10000} \cdot 100 = 0,14\% .$$

Перевірка перерізу екрана на стійкість до струму 2ф к.з. 10 кВ.

$$I_{K32\phi1CШ10кВ} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K33\phi1CШ10кВ} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3,614 = 3,13 \text{ кА};$$

$$I_{\text{д.е.}} \geq I_{K32\phi1CШ10кВ};$$

Таблиця 2.23 - Допустимі одно секундні струми короткого замикання екрана

Переріз екрана, мм ²	16,0	25,0	35,0	50,0	70,0	95,0	120,0	150,0
Допустимий струм КЗ, кА	3.3	5.1	7.1	10.2	14.2	19.3	24.4	30.4

$$7,1 \geq 3,13 \text{ кА};$$

Перевірка перетину кабелю та жили на стійкість до допустимих струмів к.з.

$$I_{K33\phi1CШ10кВ} = 3,614 \text{ кА};$$

$$I_{K33\phi1CШ10кВ персп.} = I_{K33\phi1CШ10кВ} \cdot 1,1$$

$$I_{K33\phi1CШ10кВ персп.} = 3,614 \cdot 1,1 = 3,98 \text{ кА};$$

$$k = \frac{1}{\sqrt{t}}.$$

Перевірка жили кабелю на одно секундний струм к.з.

$$I_{K3 \text{ max жили}} = I_{K3 \text{ доп жили}} \cdot k = \frac{47,00}{\sqrt{0,2}} = 105,1 \text{ кА};$$

$$I_{K3 \text{ max жили}} > I_{K33\phi1CШ10кВ персп.};$$

$$105,1 \text{ кА} > 3,98 \text{ кА};$$

Перевірка номінального перерізу екрана за значенням наведеного струму.

$$I_e = I_{кл} \sqrt{\frac{0,0019}{R_{70}^2 + 0,0019}}$$

Таблиця 2.24 - Питомий активний опір екрана кабелю при температурі, що відрізняється від 20 °С

Номінальний переріз жили (екрана), мм ²	Опір, Ом/м	
	З алюмінію	З міді
16	-	1,15
25	-	0,727
35	0,868	0,524
50	0,641	0,387
70	0,443	0,268
95	0,320	0,193

$$I_{\text{допущ.}} = 526 \text{ А};$$

$$R_{70} = R_{20} \cdot \frac{242.5 + t}{262.5} = 0.524 \cdot \frac{242.5 + 70}{262.5} = 0.624 \text{ Ом/м};$$

$$I_e = 256 \sqrt{\frac{0,0019}{0,624^2 + 0,0019}} = 36,65 \text{ А};$$

$$I_{\text{допущ.}} \geq I_e;$$

$$526 \geq 36,65 \text{ А}$$

2.18 Висновки до Розділу 2

1. Показано структурну схему електричних з'єднань 10 кВ;
2. Запропоновано план ЗРП-10 кВ та показано схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ;
3. Показана однолінійна схема основної мережі;
4. Показано вивід кабельної лінії з КТП, прокладання кабельної лінії по території ФЕС, прокладання кабельної лінії за територією ФЕС, перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал, прокладання кабельної лінії в кабельному каналі, ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ;
5. Проведена перевірка кабельної лінії по допустимому струму та втратам напруги;
6. Здійснено розрахунок потреби у барабанах;
7. Показано схему вводу кабелю в комірку ЗРП-10 кВ на ПС 110/10 кВ, прохід кабелів під дорогою;
8. Здійснено розрахунок зусиль натягу для одножильних кабелів;
9. Здійснено розрахунки вибору кабелю АПвЕгаП-20 перерізом 1x500(Г)/35.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Основні характеристики системи

Тип фотоелектричних модулів – LONGI Solar LR-60PH 300 Вт, 1500V, монокристал;

Загальна кількість модулів – 64800 шт;

Кількість стрінгів на інвертор – 8 шт;

Кількість модулів у стрінгу – 30 шт;

Тип стрінгового інвертора – Huawei SUN2000 60RTL-HV-D1-001;

Потужність стрінгового інвертора – 60 000 Вт;

Вхідне навантаження на один інвертор DC – 72 000 Вт;

Відношення DC/AC – 12%;

Встановлена потужність (DC) – 19 440 000 Вт;

Кількість інверторів – 270 шт;

Встановлена потужність інверторів – 16 200 000 ВА;

Розрахункова електрична потужність – 16 000 000 Вт;

Кількість щитів збору потужності – 70 шт;

Трансформаторна підстанція КТП-1600 кВА – 10 шт;

Кут встановлення модулів відносно горизонту – 25 град;

Відстань між столами (початок-початок) – 9,45 м.

3.2 Загальні дані

Передбачається використання 64 800 шт монокристалічних сонячних модулів потужністю 300 Вт кожна, які підключаються до стрінгового інвертора. Стрінг – це ланцюг з послідовно з'єднаних фотоелектричних модулів. У даній системі кожний стрінг складається з 30 модулів. Максимальне число стрінгів, які можна підключити до інвертора становить 8 шт. Разом вісім приєднань по 30 модулів складатимуть приєднання з 240 монокристалічних панелей до одного

стрінгового інвертора потужність – 60 кВт. Загальна потужність постійного струму, яка приєднується до інвертора, при потужності панелей 300 Вт складатиме 72000 Вт.

Загальне число інверторів, які будуть застосовуватись в даній електростанції становить 270 шт. Активна потужність визначається потужністю, яка буде виходити з стрінгових інверторів. Максимальна активна потужність для інвертора типу Huawei SUN2000 60KTL становить 60 кВт.

Стрінгові інвертори групуються з використанням розподільчих щитів ЩР змінного струму на напругу 0,8 кВ. Розподільчий щит ЩР являє собою металеву конструкцію з ввідним автоматичним вимикачем та 4-ма відходящими автоматичними вимикачами до яких підключаються інвертори.

Передбачається установка десяти комплектних трансформаторних підстанцій прохідного типу. Потужність однієї складає 1600 кВА. Трансформаторна підстанція КТП складається з камери силового трансформатора, РП-10 кВ та РП-0,8 кВ. В РП-0,8 кВ встановлюють ввідна комірка, комірка власних потреб та дві лінійна комірка з 4-ма відходящими фідерами.

До кожної КТП відключається 27 стрінгових інверторів, які проходять через чотири ЩР. Інвертори розташовуються на додаткових конструктивних елементах на металевих столах. Інвертори встановлюються в центрах своїх навантажень, тим самим зменшуючи відстань кабелів постійного струму, адже їх у системі є найбільша кількість. КТП встановлюються у центрі навантажень, утворюючи тим самим ділянку збору потужності. ЩР встановлюють біля комплектних трансформаторних підстанцій КТП.

Мережа від інвертора до РЩ виконується кабелем типу АВВГ-1 кВ 4x35 мм, який прокладається в трубі в траншеї та по металоконструкції столів. Розкопка траншеї виконується між стійками столів, але при цьому необхідно дотримуватись нормативних відстаней, тобто від стійки столу до кабеля в траншеї відстань повинна складати не менше ніж 0,6 м. Мережі від РЩ до КТП виконується броньованим кабелем типу АВБШВ 4x185.

До інвертора підключають модулі за допомогою кабелю постійного струму типу PV1-F-1x4,0 мм², який прокладається в трубі з поліетилену в траншеї та по металоконструкції столів.

При перетині мереж з дорогою та КЛ-10 кВ всі мережі заховуються в посилену двохстінну трубу $D=125$ мм.

Роботи виконуються згідно вимогами [5, 6, 7].

3.3 Основні показники.

Категорія надійності електропостачання – III;

Розрахункова електрична потужність – 16,0 МВт;

Потужність встановлених трансформаторів – 2x10 МВА;

Джерело електропостачання – ПС 110/10 кВ;

Точка забезпечення потужності – I секція та II секція шин ЗРП-10 кВ ПС 110/10 кВ;

Коефіцієнт потужності – 0,9-1,0;

Потужність одного фотомодуля – 300 Вт;

Кількість встановлених фотомодулів – 64 800 шт;

Встановлена електрична потужність інверторів – 16,200 МВт;

Встановлена потужність фотоелектричних модулів – 19,440 МВт;

Річне вироблення електроенергії – 23,2 ГВт·год.

3.4 Показники власних потреб

Категорія надійності електропостачання – III;

Дозволена електрична потужність власних потреб – 25,0 кВт;

Потужність встановлених трансформаторів власних потреб – 2x40 кВА;

Джерело електропостачання – ПС 110/10 кВ;

Точка забезпечення потужності: опора №2 ПЛ-10 кВ ф.№7 ПС 110/10 кВ;

Розрахункова електрична потужність – 25 кВт;

Коефіцієнт потужності – 0,8;

Максимум використання електричного навантаження – 4100 год;

Річне споживання власних потреб – 102,5 тис. кВт·год.

3.5 Однолінійна електрична схема.

На рисунку 3.1 показано однолінійну електричну схему. (Додаток К).

3.6 Обладнання КТП

На рисунку 3.2 показано план КТП (тип №1) (Додаток Л).

В таблиці 3.1 показано обладнання РП-10 кВ (тип №1).

Таблиця 3.1 - Обладнання РП-10 кВ (тип №1).

Номер за планом	Схема головних кіл	Призначення панелі	К-сть
1	КСО-393М	Кабельний ввід	1
2	КСО-393М	Лінія силового трансформатора	1
3	КСО-393М	Трансформатор напруги	1
4	КСО-393М	Кабельний ввід	1

В таблиці 3.2 показано обладнання РП-0,8 кВ (тип №1).

Таблиця 3.2 - Обладнання РП-0,8 кВ (тип №1).

Номер за планом	Схема головних кіл	Призначення панелі	К-сть
1	ЩО-90	Комірка власних потреб	1
2	ЩО-90	Ввідна комірка	1
3	ЩО-90	Лінійна комірка	1
4	ЩО-90	Лінійна комірка	1

На рисунку 3.3 показано план КТП (тип №2) (Додаток Л).

В таблиці 3.3 показано обладнання РП-10 кВ (тип №2).

Таблиця 3.3 - Обладнання РП-10 кВ (тип №2).

Номер за планом	Схема головних кіл	Призначення панелі	К-сть
1	КСО-393М	Кабельний ввід	1
2	КСО-393М	Лінія силового трансформатора	1
3	КСО-393М	Трансформатор напруги	1
4	КСО-393М	Кабельний ввід	1
5	КСО-393М	Трансформатор власних потреб	1

В таблиці 3.4 показано обладнання РП-0,8 кВ (тип №2).

Таблиця 3.4 - Обладнання РП-0,8 кВ (тип №2).

Номер за планом	Схема головних кіл	Призначення панелі	К-сть
1	ЩО-90	Комірка власних потреб	1
2	ЩО-90	Ввідна комірка	1
3	ЩО-90	Лінійна комірка	1
4	ЩО-90	Лінійна комірка	1

Загалом встановлюються КТП типу №1 у кількості – 9 шт. та КТП типу №2 у кількості – 1 шт.

3.7 Схема електрична принципова РП-10 кВ КТП (тип №1).

На рисунку 3.4 показано схему електричну принципову РП-10 кВ КТП (тип №1). (Додаток М).

Таблиця 3.5

Поз	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
1	KCO-393M	Комірка одностороннього обслуговування типу КСО, на ном. робочу напругу 10 кВ, в тому числі з таким обладнанням	1	шт
	QW1	Вимикач навантаження типу ВНА-10/630	1	шт
	OSG1	Привод вимикача навантаження типу ПР-10	1	шт
	FV1	Обмежувачі перенапруг типу ОПН-КР/TEL-10/12,0 УХЛ2	3	шт
2	KCO-393M	Комірка одностороннього обслуговування типу КСО, на ном. робочу напругу 10 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QS1	Шинний роз'єднувач типу РВЗ-10/630-ІІ УЗ	1	шт
	QSG2	Привод шинного роз'єднувача типу ПР-10	1	шт
	Q	Вакуумний вимикач типу ВВ/TEL-10-20/630	1	шт
	TA1	Трансформатори струму типу ТОЛУ-10-2, 150/5А (к-сть обмоток 3 шт: 0.5S: 0.5: 5P)	3	шт
	QS2	Шинний роз'єднувач типу РВЗ-10/630-ІІ УЗ	1	шт
	QSG3	Привод шинного роз'єднувача типу ПР-10	1	шт
	FU1	Плавкі запобіжники типу ПКН-10	3	шт
	TV1	Трансформатор напруги для в.п. типу ОЛС-1.25/10-У2	1	шт
	FV2	Обмежувачі перенапруг типу ОПН-КР/TEL-10/12.0 УХЛ2	3	шт
3	KCO-393M	Комірка одностороннього обслуговування типу КСО, на ном. робочу напругу 10 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QS3	Шинний роз'єднувач типу РВЗ-10/630-ІІІ УЗ	1	шт

Продовження таблиці 3.5

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
	QSG4, QSG5	Привод шинного роз'єднувача типу ПР-10	2	шт
	FU2	Плавкі запобіжники типу ПКН-10	3	шт
	TV2	Трансформатор напруги для в.п. типу НТМІ	1	шт
	FV3	Обмежувачі перенапруг типу ОПН-КР/TEL-10/12,0 УХЛ2	3	шт
4	КСО-393М	Комірка одностороннього обслуговування типу КСО, на ном. робочу напругу 10 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QW2	Вимикач навантаження типу ВНА-10/630	1	шт
	QSG6	Привод вимикача навантаження типу ПР-10	1	шт
	FV4	Обмежувачі перенапруг типу ОПН-КР/TEL-10/12,0 4ХЛ2	3	шт

3.8 Схема електрична принципова РП-0,8 кВ КТП.

На рисунку 3.5 показано схему електричну принципову РП-0,8 кВ КТП.
(Додаток Н).

Таблиця 3.6

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
1	ЩО-90	Комірка власних потреб, низьковольтна, на ном. робочу напругу 1 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QS1	Роз'єднувач на номінальний струм 100 А, номінальну напругу 1000 В типу РЕ19-31	1	шт
	QF1	Автоматичний вимикач на 40А х-ка D	1	шт
	TV1	Трансформатор напруги трьохфазний, сухий, понижаючий, вхідна напруга 800 В, вихідна напруга 380 В, потужність 1.6 кВт типу ТСЗ-1.6 800/380 В	1	шт

Продовження таблиці 3.6

	ЩВП	Щит власних потреб ЩВП	1	шт
	ЯТП-0.25 220/12	Ящик з понижаючим трансформатором	1	шт
2	ЩО-90	Комірка ввідна, низьковольтна, на ном. робочу напругу 1 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QS2	Роз'єднувач на номінальний струм 1600 А, номінальну напругу 1000 В типу PE19-43	1	шт
	QF2	Автоматичний вимикач типу NZMH4-AE1600-S1 290374 EATON MOELLER на номінальний струм 1600А, 1000 В АС, 3 полюса, електронний розщеплювач 1600 А	1	шт
3	ЩО-90	Комірка лінійна, низьковольтна, на ном. робочу напругу 1 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QS3, QS4	Роз'єднувач на номінальний струм 630 А, номінальну напругу 1000 В типу PE19-39	2	шт
	QF3, QF4, QF5, QF6	Автоматичний вимикач типу NZMH2-A250-S1 290366 EATON MOELLER на номінальний струм 250 А, 1000 В АС, вставка розщеплювача на 250 А	4	шт
4	ЩО-90	Комірка лінійна, низьковольтна, на ном. робочу напругу 1 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QS5, QS6	Роз'єднувач на номінальний струм 630 А, номінальну напругу 1000 В типу PE19-39	2	шт
	QF7, QF8, QF9, QF10	Автоматичний вимикач типу NZMH2-A250-S1 290366 EATON MOELLER на номінальний струм 250А, 1000В АС, вставка розщ. на 250А	4	шт
2*	ТА1	Трансформатор струму високоточний 102x55 1600/5А (0.5S=12VA). напруга ізол 12 кВ, ТАТ1011К6У05+НІV	3	шт
		Кришка для пломбування ТС при комерційному обліку (артикул 9SBMCTA)	3	шт
	TV2	Трансформатор напруги 20VA, 800/100 В ТTV020800XC0, 8504312100	1	шт
		Кришка для пломбування ТН при комерційному обліку (артикул 9SBMCTV)	1	шт

На рисунку 3.6 показано схему електричну принципову РП-0,8 кВ КТП.
(Додаток Н).

Таблиця 3.7

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
1	ЩО-90	Комірка власних потреб, низьковольтна, на ном. робочу напругу 1 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QS1	Роз'єднувач на номінальний струм 100 А, номінальну напругу 1000 В типу PE19-31	1	шт
	QF1	Автоматичний вимикач на 40А х-ка D	1	шт
	TV1	Трансформатор напруги трьохфазний, сухий, понижаючий, вхідна напруга 800 В, вихідна напруга 380 В, потужність 1,6 кВт типу ТСЗ-1.6 800/380 В	1	шт
	ЩВП	Щит власних потреб ЩВП	1	шт
	ЯТП-0,25 220/12	Ящик з понижаючим трансформатором	1	шт
2	ЩО-90	Комірка ввідна, низьковольтна, на ном. роб. напр. 1 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QS2	Роз'єднувач на номінальний струм 1600 А, номінальну напругу 1000 В типу PE19-43	1	шт
	QF2	Автоматичний вимикач типу NZMH4-AE1600-S1 290374 EATON MOELLER на номінальний струм 1600 А, 1000 В АС, 3 полюса, електронний розщеплювач 1600 А	1	шт
3	ЩО-90	Комірка лінійна, низьковольтна, на ном. роб. напр. 1 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QS3, QS4	Роз'єднувач на номінальний струм 630 А, номінальну напругу 1000 В типу PE19-39	2	шт

Продовження таблиці 3.7

	QF3, QF4, QF5, QF6	Автоматичний вимикач типу NZMH2-A250-S1 290366 EATON MOELLER на номінальний струм 250 А, 1000 В АС, вставка розщеплювача на 250 А	4	шт
4	ЩО-90	Комірка лінійна, низьковольтна, на ном. робочу напругу 1 кВ, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
	QS5, QS6	Роз'єднувач на номінальний струм 630 А, номінальну напругу 1000 В типу PE19-39	2	шт
	QF7, QF8, QF9, QF10	Автоматичний вимикач типу NZMH2-A250-S1 290366 EATON MOELLER на номінальний струм 250 А, 1000 В АС, вставка розщеплювача на 250 А	4	шт

3.9 Схема електрична принципова ЩР.

На рисунку 3.7 показано схему електричну принципову ЩР.

Таблиця 3.8

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
1	ЩО-0,4	Щит розподільчий в комплекті з ошиновкою, на ном. робочу напругу 1 кВ, ошиновка на ном. струм 250 А, габарити металевого корпусу 800x650x240 59 кг, оболонка типу МКН 8.65.24 IP 54 типу ПР11-3054-54 УЗ.1	1	шт
	QF1	Автоматичний вимикач типу NZMH2- A250-S1 290366 EATON MOELLER на номінальний струм 250 А, 1000 В АС, на 3 полюса, вставка розщеплювача на 200 А.	1	шт

Продовження таблиці 3.8

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
	QF2, QF3, QF4, QF5	Автоматичний вимикач типу NZMH2-A63-S1 290360 EATON MOELLER на номінальний струм 63 А, 1000 В АС, на 3 полюса, вставка розщиплювача на 63 А.	1	шт

Від РП-0,8кВ КТП

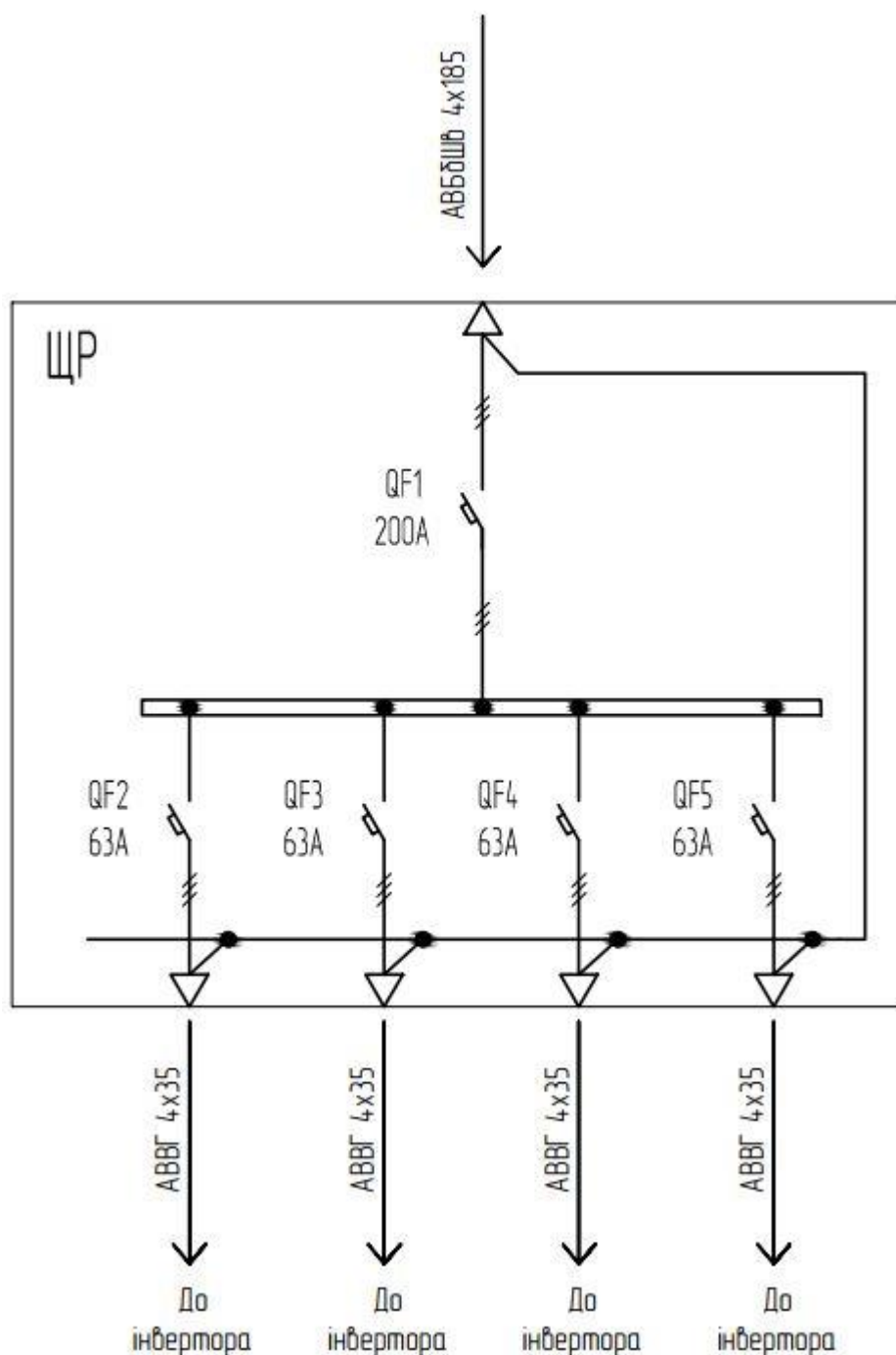


Рисунок 3.7 - Схема електрична принципова ЩР.

3.10. Схема електрична принципова ЩВП.

На рисунку 3.8 показано схему електричну принципову ЩВП.

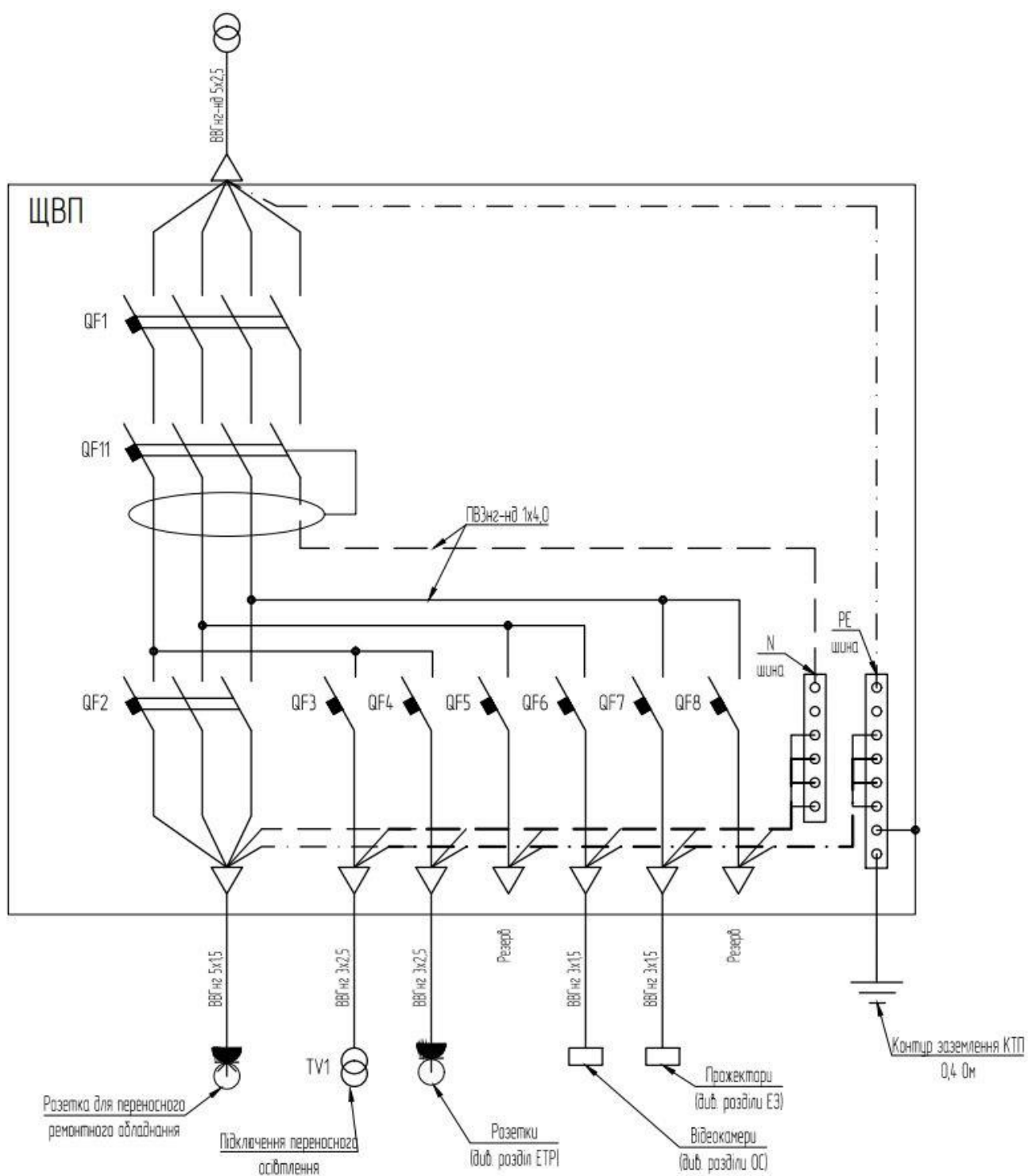


Рисунок 3.8 - Схема електрична принципова ЩВП.

Таблиця 3.9.

Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
ЩРН-24	Щит власних потреб ЩВП, модульний пластиковий щит навісного виконання на 24 модулі, в тому числі з таким обладнанням:	1	шт
ЯТП-0,25 220/12	Ящик з понижаючим трансформатором	1	шт
QF1	Автоматичний вимикач типу ЕТІМАТ Р10 4р С25	1	шт
QF11	Пристрій захисного відключення 4р С32 30 мА DZ47LE	1	шт
QF2	Автоматичний вимикач типу ЕТІМАТ Р10 3р С16	1	шт
QF3, QF4, QF5	Автоматичний вимикач типу ЕТІМАТ 6 1р С16	3	шт
QF6, QF7, QF8	Автоматичний вимикач типу ЕТІМАТ 6 1р С10	3	шт

3.11 Схема електрична принципова АВР.

На рисунку 3.9 показано схему електричну принципову АВР.

Принцип роботи [13]:

1. В приладі АВР-100 оперативне автоматичне переключення здійснюється при відсутності однієї, двох або трьох фаз, режимах короткого замикання основного або резервного вводу мережі живлення.

2. АВР-100 виконано на магнітних пускачах з двома трифазними вводами, без часових затримок на переключення.

3. При нормальному режимі електропостачання споживачі живляться від 1 вводу. В разі порушення електропостачання від вводу 1, живлення подається від вводу 2, шляхом включення секційного вимикача. При відновленні електропостачання на ввіді 1 схема повертається в початкове положення.

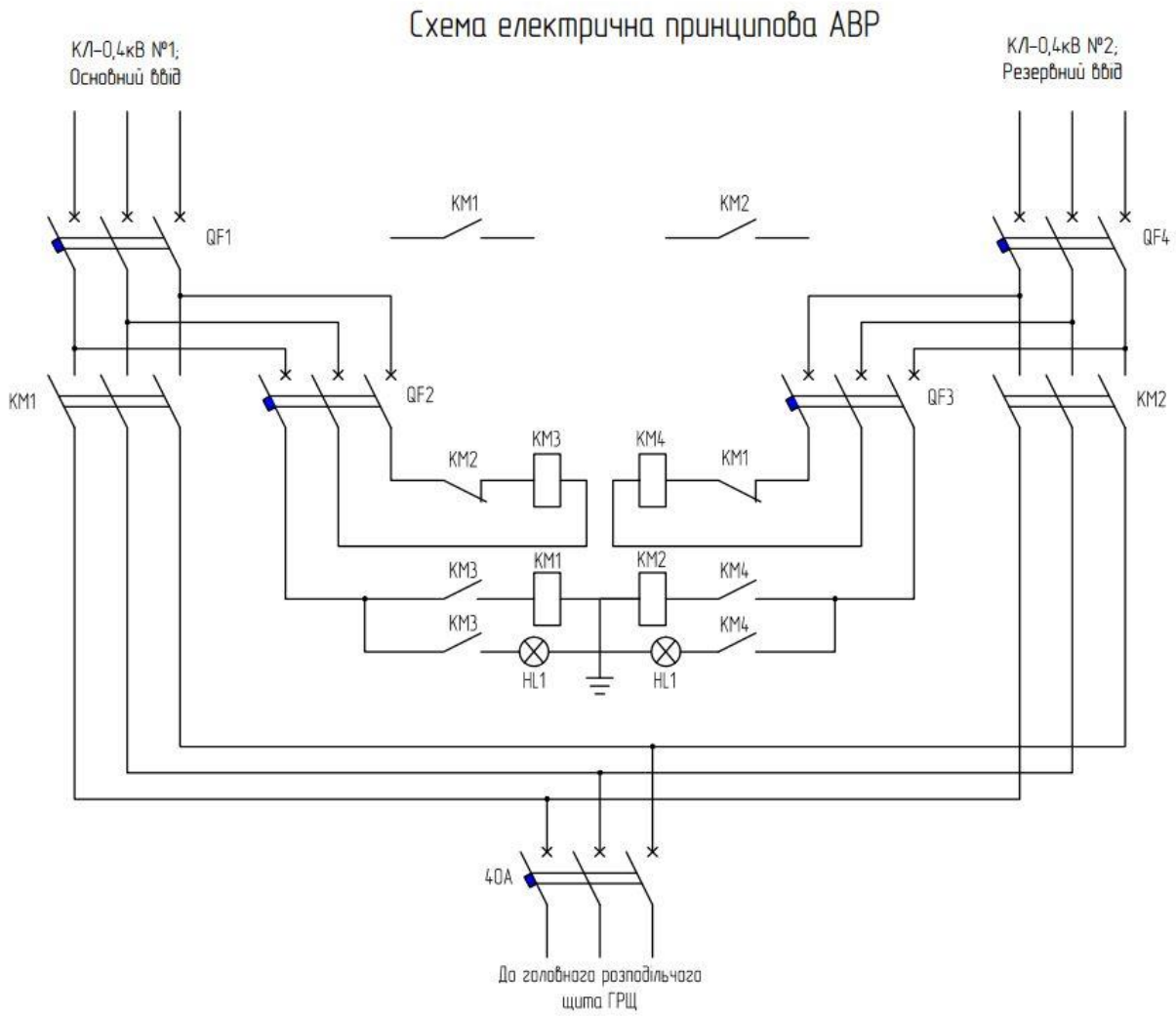


Рисунок 3.9 - Схема електрична принципова АВР.

На рисунку 3.10 показано пояснювальну схему мережі АВР.

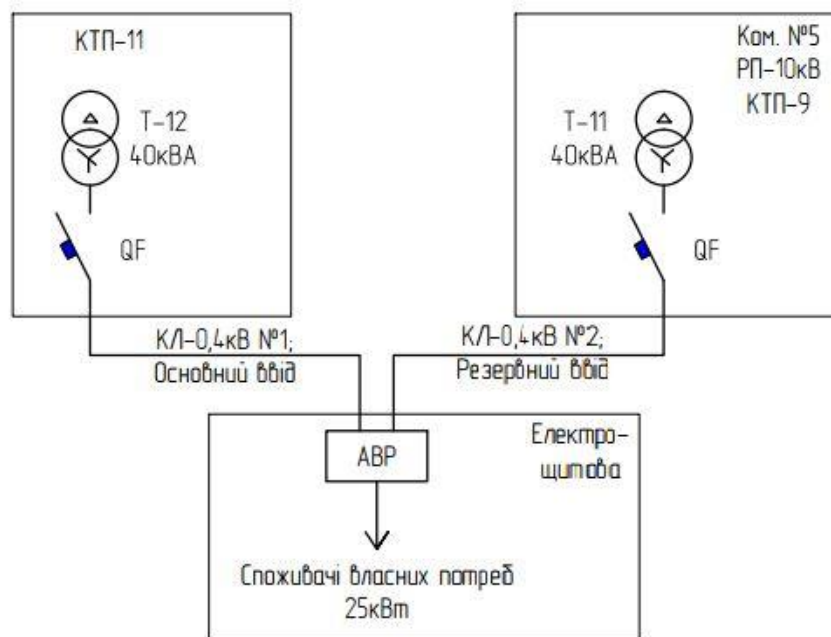


Рисунок 3.10 - Пояснювальна схема мережі АВР.

3.13 Схема електрична принципова РЩ-1, РЩ-2, РЩ-3, РЩ-4.

На рисунку 3.12 показано схему електричну принципову РЩ-1, РЩ-2, РЩ-3, РЩ-4.

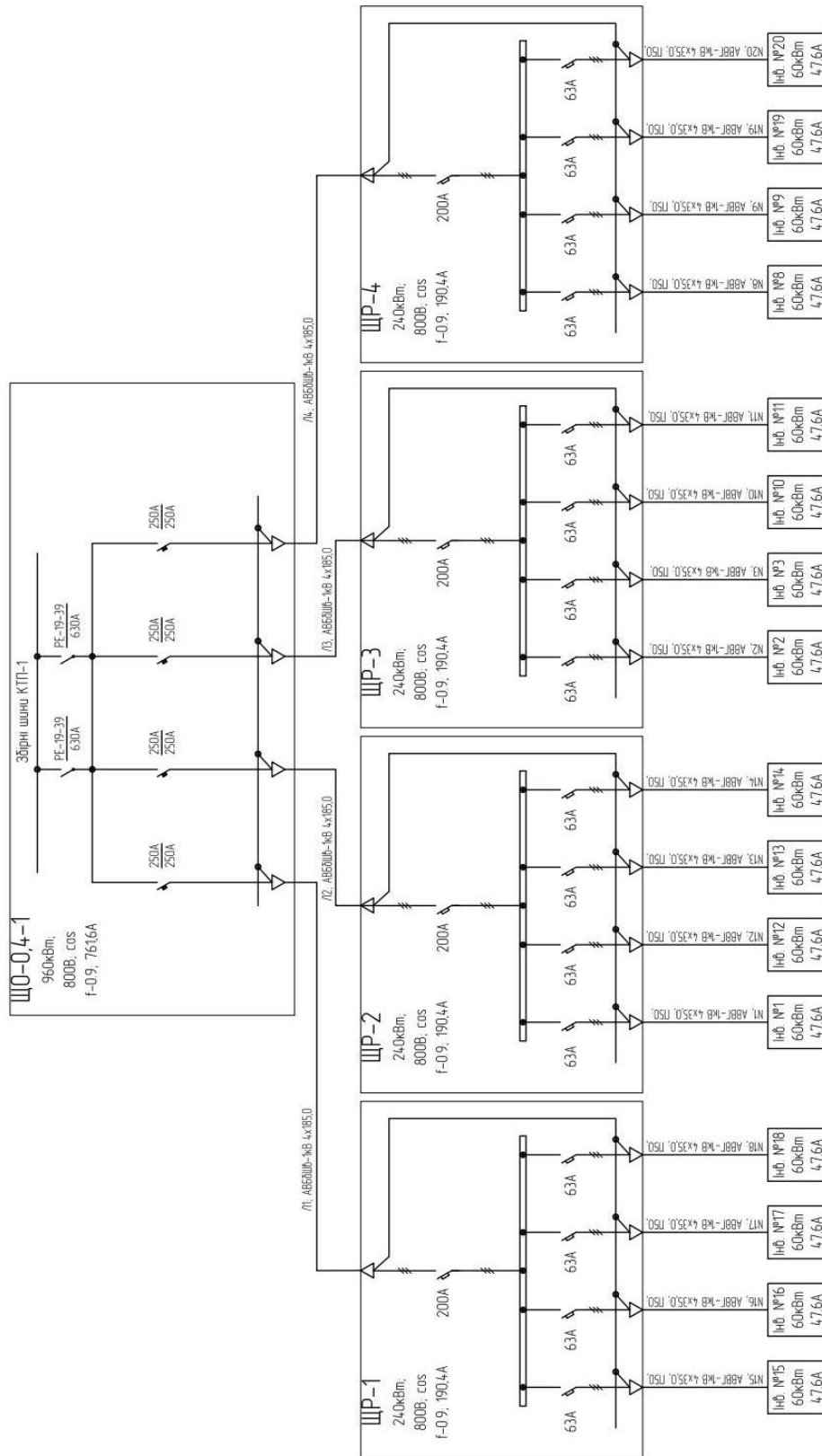


Рисунок 3.13 - Схема електрична принципова РЩ-1, РЩ-2, РЩ-3, РЩ-4.

Аналогічно запропоновано схеми електричні принципові для РЩ-5-РЩ-70.

3.14 Схема підключення фотомодулів до інвертора тип - №1.

На рисунку 3.13 показано схему підключення фотомодулів до інвертора тип - №1.

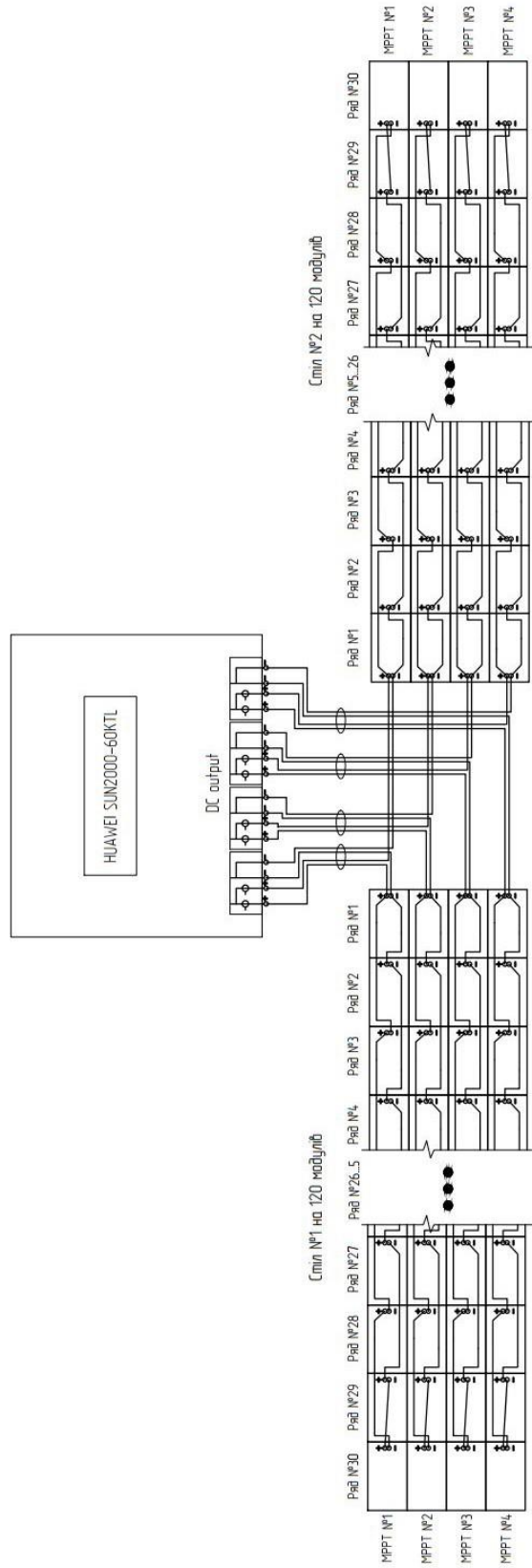


Рисунок 3.13 - Схема підключення фотомодулів до інвертора тип - №1.

На рисунку 3.14 показана порівняльна характеристика різних варіантів з'єднань «сонячного» кабелю.

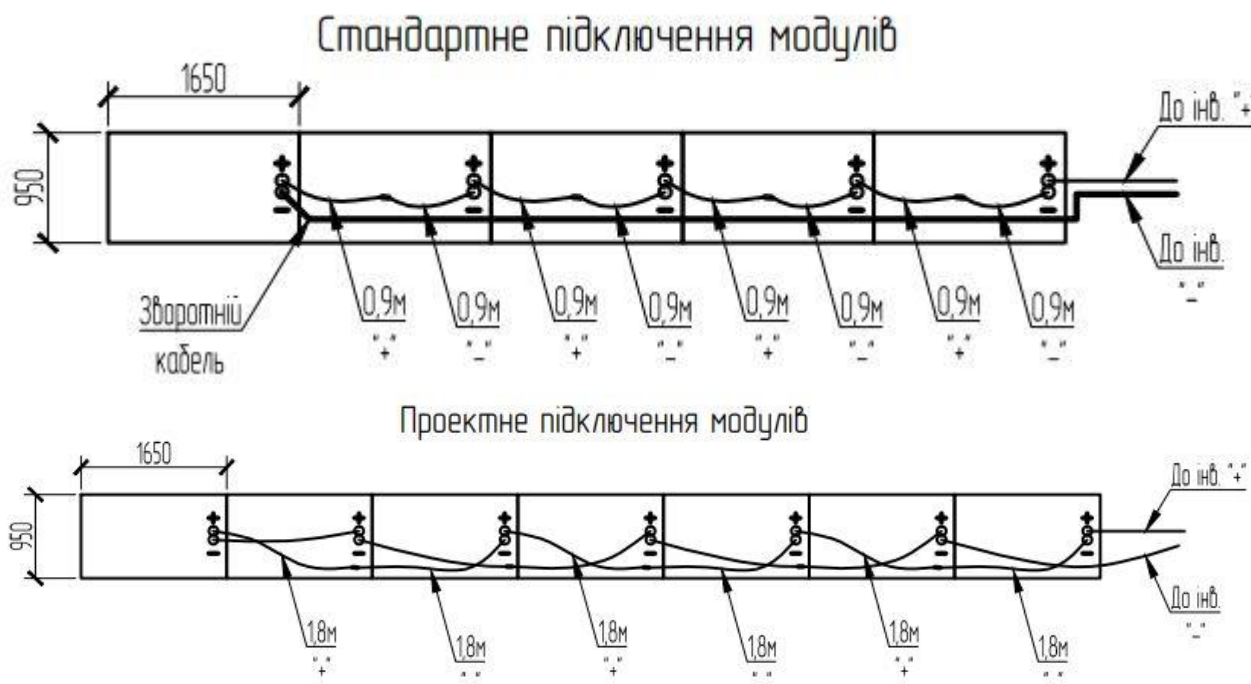


Рисунок 3.14 - Порівняльна характеристика різних варіантів з'єднань «сонячного» кабелю.

При стандартному приєднанні фотомодулів кожний модуль з'єднується з сусіднім. В такому випадку в кінці потрібно прокласти додатковий зворотній кабель. Мінусом такого приєднання є вартість зворотнього кабелю, орієнтовна довжина якого дорівнюватиме довжині всіх панелей ($64800 \times 1,65 = 106\,920$ м).

Для проектного підключення кабелів. У даній архітектурі приєднання фотомодулів кожний модуль приєднується з сусіднім через один. В такому випадку з кінця лінії не потрібно прокласти додатковий зворотній кабель.

3.15 План мережі постійного струму (ділянка №1)

На рисунку 3.15 показано план мережі постійного струму (ділянка №1).

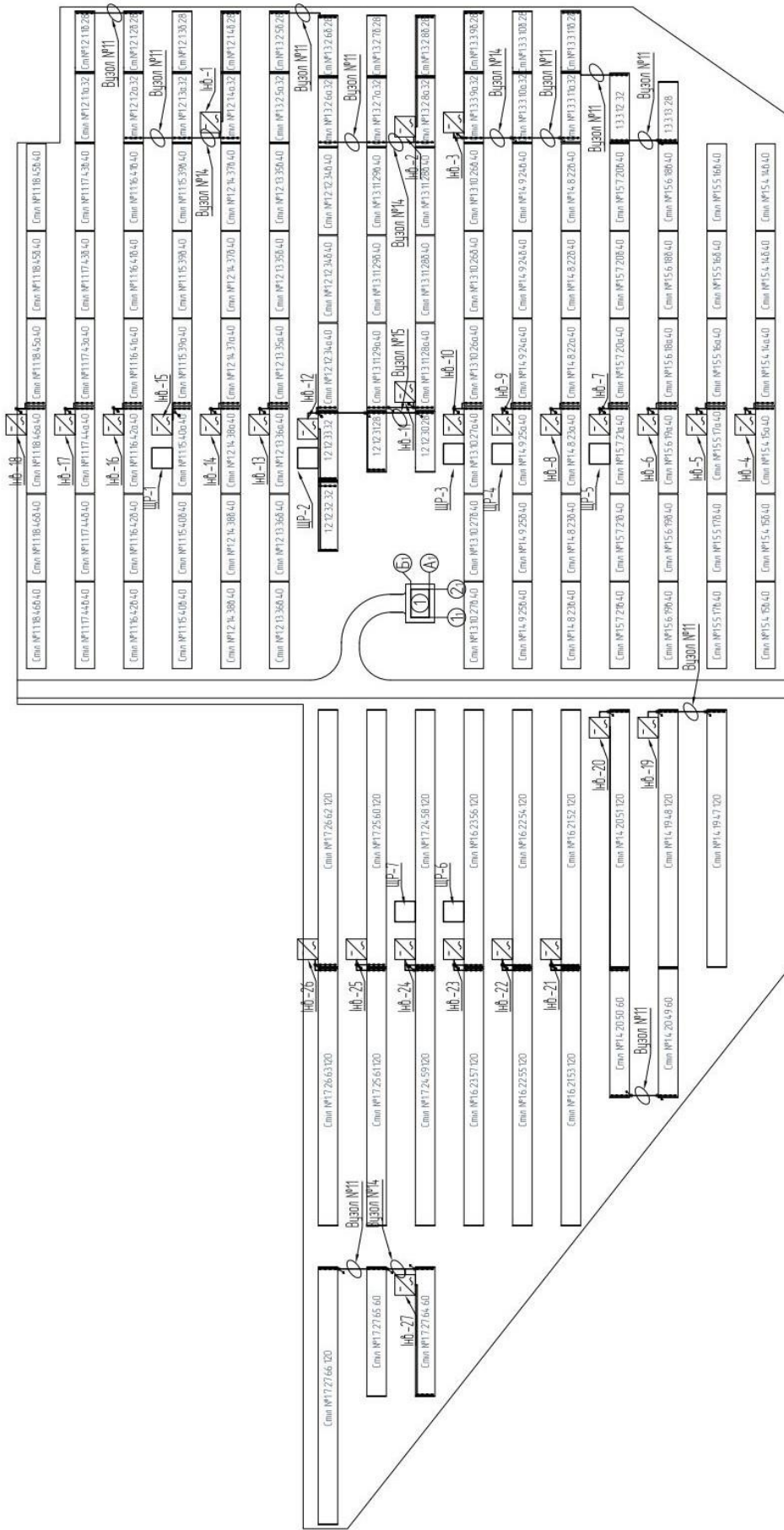


Рисунок 3.15 - План мережі постійного струму (ділянка №1).

3.16 План мережі змінного струму (ділянка №1)

На рисунку 3.16 показано план мережі змінного струму (ділянка №1)

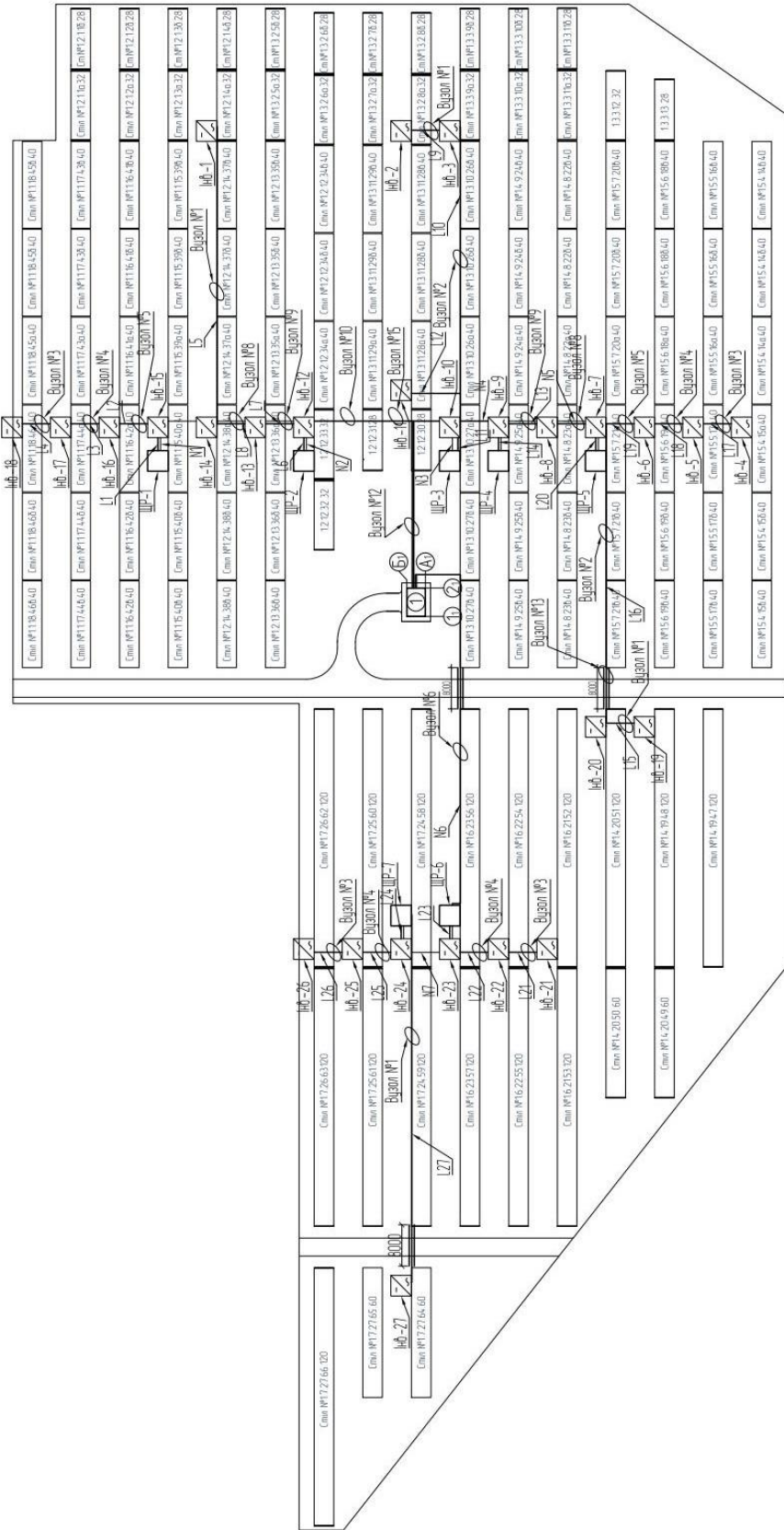


Рисунок 3.16 - План мережі змінного струму (ділянка №1).

3.18 Влаштування кабельних проходів у КТП

На рисунку 3.18 показано влаштування кабельних проходів у КТП.

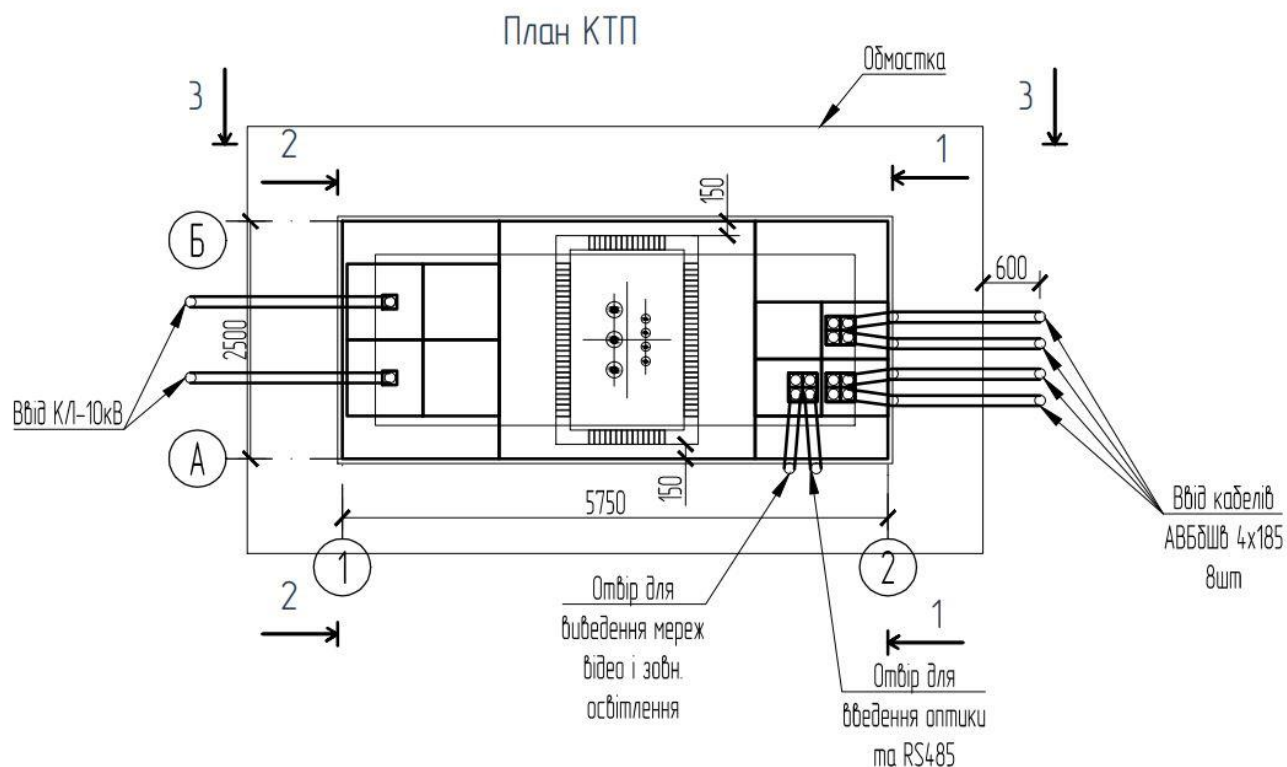


Рисунок 3.18 - Влаштування кабельних проходів у КТП.

Таблиця 3.10

Поз.	Найменування	Кіль.	Примітка
1	Труби сталеві		
2	Труби двухстінні гофровані		
3	Еластичний вогнегасний елемент	1,55	м ³
4	Замазка, вогнестійка	0,8	м ³

У фундаменти товщиною 0,4 м потрібно закладати труби довжиною 0,5 м. При установці КТП на фундамент, у дані отвори будуть протягнуті двохстінні гофровані труби. Отвори між металевими та двохстінними трубами потрібно заповнити еластичним вогнегасним елементом. Проводи у двохстінних гофрованих трубах потрібно заробити замазкою.

3.19 Схема підключення приладів обліку.

На рисунку 3.19 показано схему підключення приладів обліку.

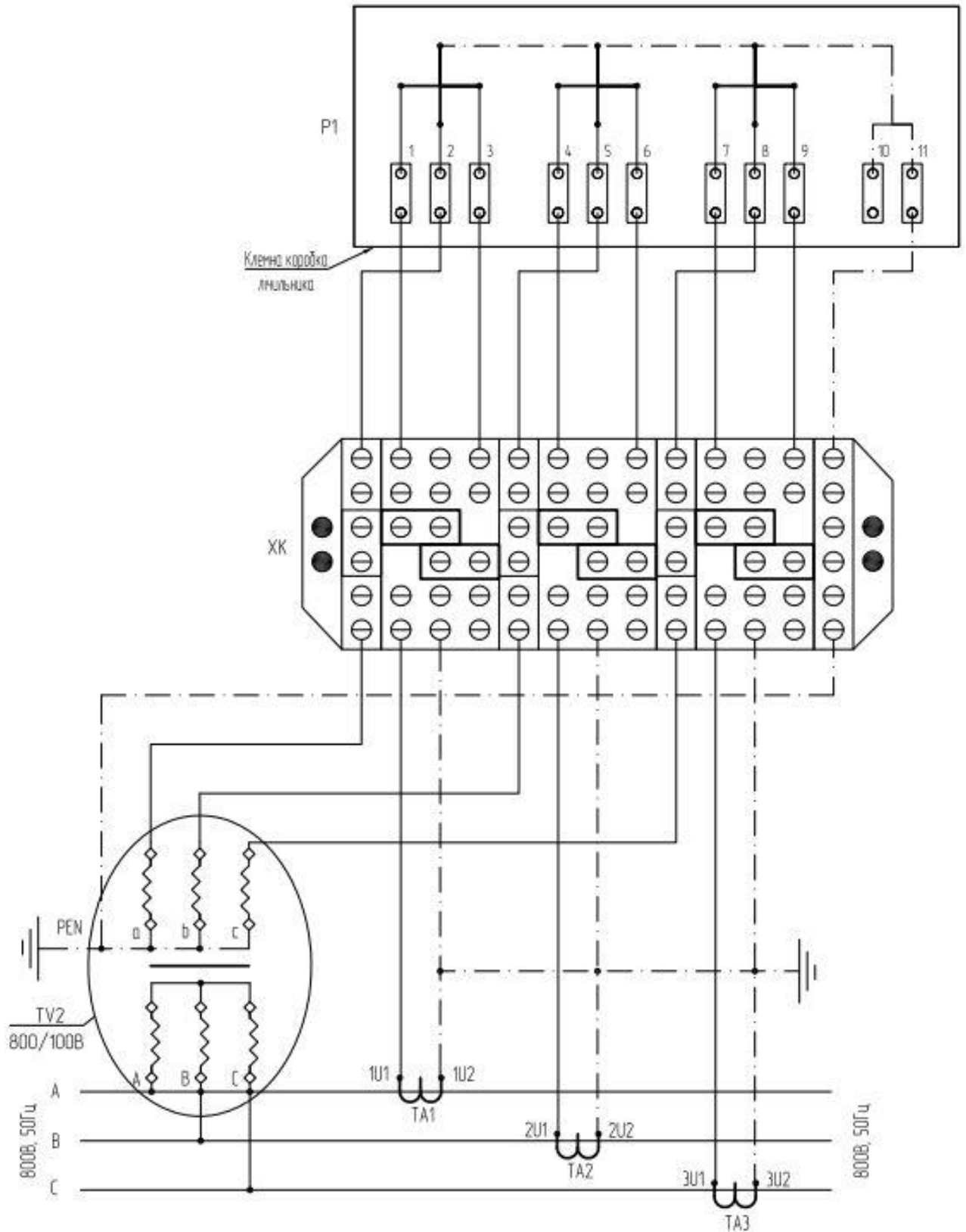


Рисунок 3.19 - Схема підключення приладів обліку.

Клемна коробка встановлюється для безпечної заміни та перевірки справності лічильника трансформаторного включення.

Клемну коробку розміщують під лічильником на відстані не менше 100 мм.

Клемна коробка опломбовується разом з лічильником.

З'єднання виконуються проводом типу ПВЗнг-нд 1х2,5 мм².

Для зручності монтажу використовують провуда різного кольору (згідно ПУЕ [7]).

Вимірювальні мережі прокладаються у гофрованих ПВХ трубах d=25.

Схема показана для лічильників, що знаходяться у РП-0,8 кВ на КТП.

Інші лічильники підключаються аналогічно даної схеми.

Встановлення трансформаторів струму та напруги здійснюється на заводі виготовлення КТП.

Таблиця 3.11

Поз.	Позначення	Найменування	Кіль.	Примітка
1	P1	Лічильник типу SL 7000 5(10) А кл.т. 0,5S	1	шт
2	ХК	Випробувальна клемна коробка типу К25 (НІК)	1	шт
3	ТА1, ТА2, ТА3	Трансформатор струму високоточний 202х55 1600/5А (0,5S=12 VA), напруга ізол. 1,2 кВ, ТАТ1011К6У05+НІV	3	шт
4		Кришка для пломбування ТС при комерційному обліку	3	шт
5	TV2	Трансформатор напруги 20VA, 800/100 В ТTV020800XC0, 8504312100	1	шт
6		Кришка для пломбування ТН при комерційному обліку	1	шт
7	ПВЗнг-нд	Провід мідний типу ПВЗнг-нд 1х2,5 мм ²	18	м
8	П25	Гофрована ПВХ труба d=25	16	м
9		Стяжка кабельна 100х2,5 мм	25	шт

3.20 Висновки до Розділу 3.

1. Запропонована однолінійна схема електропостачання;
2. Показано обладнання КТП двох типів. Запропоновано до встановлення 9 шт. КТП 1 типу та 1 шт. КТП 2 типу;
3. Запропонована схема електрична принципова РП-10 кВ КТП (тип №1), схема електрична принципова РП-0,8 кВ КТП;
4. Показана схема електрична принципова ЩР, схема електрична принципова ЩВП, схема електрична принципова КТП (тип №3), схема електрична принципова АВР, схема електрична принципова КТП-1, схема електрична принципова РЩ-1-РЩ-4;
5. Запропонована схема підключення фотомодулів до інвертора тип - №1 та проведена порівняльна характеристика різних варіантів з'єднань «сонячного» кабелю;
6. Запропоновано план мережі власних потреб, план мережі постійного струму (ділянка №1), план мережі змінного струму (ділянка №1), план зведених мереж (ділянка №1);
7. Показано влаштування кабельних проходів у КТП;
8. Запропонована схема підключення приладів обліку.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вибухопожежна безпека та протипожежний захист

Вибухопожежна безпека при експлуатації електричних установок гарантується при дотриманні «Правил улаштування електроустановок» [7], а також «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів» ДНАОП 40.1-1.21-98 [8].

Дотримання вимог пожежної безпеки виконується згідно «Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з високою напругою 6-750 кВ» (ГКД 341.004.1-94) [9].

За ступенем оснащення фотомодульна електростанція ФЕС відноситься до III групи з трансформаторами одиничної потужності менше 63 МВА (ГКД 341.004.1-94 додаток 4 [9]). Згідно п.11.4.1 ГКД 341.004.1-94 [9] зовнішній протипожежний водопровід і протипожежні резервуари з водою на ФЕС не передбачаються.

Для унеможливлення виникнення пожежі на території ФЕС застосовується ряд заходів:

- відстань між будівлями виконується з дотриманням протипожежних відстаней згідно ДБН 360-92** [10];
- у приміщеннях де є підвищені умови по вибухо-пожежній безпеки використання обладнання зі ступенем захисту не нижче ніж IP 54;
- застосування тільки сучасного технічного досконалого обладнання, яке має відповідні сертифікати;
- обладнання заземлюється відповідно до вимог ПУЕ [7];
- електричні лінії захищаються від КЗ та перенавантажень;
- на лініях живлення споживачів, що підключаються через штепсельні розетки, передбачається встановлення пристроїв захисного відключення;
- конструкцією КТП заводом виробником передбачається маслозбірник, що унеможливорює розтікання масла;

- застосування обмежувачів перенапруг , як захист від підвищення напруги на елементах ФЕС при попаданні блискавки.

Передбачається система пожежної сигналізації (СПС). СПС - це комплекс технічних засобів, які призначені для виявлення пожежі на початковій стадії її розвитку, формування сигналів про виникнення пожежі та технічний стан цих засобів, а також для передавання сигналів на інші виконавчі пристрої без втручання людини.

Система пожежної сигналізації для адміністративної будівлі та будівлі головного розподільчого пункту передбачається пожежними сповіщувачами. Інформація від ручних та автоматичних сповіщувачів передається до приладу приймально-контрольного пожежного (далі ППКП).

Спрацювання системи супроводжується світловими та звуковими сигналами, також інформація передається на пульт централізованого пожежного спостереження.

Гасіння пожежі на початкових стадіях розвитку передбачається ручними вуглекислотними та порошковими вогнегасниками. Майже у всіх приміщеннях встановлюються вуглекислотні вогнегасники, а у електрощитовій встановлюється порошковий вогнегасник.

Для технологічного обслуговування будівель і споруд за умов пожежної безпеки передбачаються проїзди для автотранспорту з щебеневим покриттям. На території ФЕС передбачаються проїзди шириною 3,5 м. З метою швидкого розгортання засобів пожежогасіння в нічний час передбачено освітлення технологічних проїздів та в'їзних воріт.

З метою уникнення випадків виникнення пожежі у спекотний період року передбачається забезпечення СЕС необхідним моторизованим обладнанням для скошування трав'яного газону на майданчику СЕС.

4.2 Техніка безпеки

Техніка безпеки при експлуатації електричних установок гарантується при дотриманні “Правил влаштування електроустановок” [7], а також “Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів” ДНАОП 40.1-1.21-98 [8].

Передбачається раціональна організація праці, яка забезпечить безаварійну роботу на всіх етапах технологічного процесу.

Щоб запобігти травматизації персоналу повинні виконуватись наступні умови:

- підлоги повинні бути рівними, без перепадів та порогів, жорсткостей, стійкими до механічних ушкоджень;
- шляхи пересування повинні мати тверде покриття, бути рівними, без сходинок, ритвин, не захарашуватись вантажами.

Відповідальність за загальні положення охорони праці та виробничої санітарії покладається на особу призначену наказом керівника.

Всі працівники повинні пройти інструктажі (ввідний та поточні) по техніці безпеки.

Заходи по техніці безпеки повинні бути розроблені згідно із діючим законодавством.

4.3 Охорона праці

Охорона праці в будівництві і експлуатації об'єктів забезпечуються прийняттям всіх проектних рішень в суворій відповідності з ПУЕ-2017 [7] і ДБН.А.3.2-2-2009 [5].

Для забезпечення охорони праці передбачено:

- використання найсучаснішого обладнання;
- розміщення обладнання таким чином, що забезпечується його вільне обслуговування;
- виконання заземлюючих пристроїв та захист від статичної електрики;

- забезпечення норм освітленості, вентиляції, опалення, зменшення шуму.

Повинно бути забезпечено виконання правил експлуатації та утримання всього технологічного обладнання, пристроїв в справному вигляді.

Для забезпечення захисту від випадкового доторкання до струмоведучих частин на підстанціях передбачається:

- встановлення захисних огорож, стаціонарних та тимчасових;
- безпечне розташування струмоведучих частин;
- правильна підготовка робочого місця;
- захисне відключення;
- попереджувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки “Не вмикати працюють люди і т.д.”

Для захисту від випадкового доторкання до металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою в разі пошкодження ізоляції, на підстанціях передбачається:

- встановлення захисного заземлення;
- занулення електроустановок;
- вирівнювання потенціалів;
- використання подвійної ізоляції;
- використання безпечної напруги до 50 В на окремих елементах;
- електричне розділення мережі;
- контроль стану ізоляції;
- засоби індивідуального захисту.

Заходи по охороні праці повинні бути розроблені згідно із діючим законодавством.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Показано структурну схему електричних з'єднань 10 кВ;
2. Запропоновано план ЗРП-10 кВ та показано схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ;
3. Показана однолінійна схема основної мережі;
4. Показано вивід кабельної лінії з КТП, прокладання кабельної лінії по території ФЕС, прокладання кабельної лінії за територією ФЕС, перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал, прокладання кабельної лінії в кабельному каналі, ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ;
5. Проведена перевірка кабельної лінії по допустимому струму та втратам напруги;
6. Здійснено розрахунок потреби у барабанах;
7. Показано схему вводу кабелю в комірку ЗРП-10 кВ на ПС 110/10 кВ, прохід кабелів під дорогою;
8. Здійснено розрахунок зусиль натягу для одножильних кабелів;
9. Здійснено розрахунки вибору кабелю АПвЕгаП-20 перерізом 1x500(Г)/35.
10. Запропонована однолінійна схема електропостачання;
11. Показано обладнання КТП двох типів. Запропоновано до встановлення 9 шт. КТП 1 типу та 1 шт. КТП 2 типу;
12. Запропонована схема електрична принципова РП-10 кВ КТП (тип №1), схема електрична принципова РП-0,8 кВ КТП;
13. Показана схема електрична принципова ЩР, схема електрична принципова ЩВП, схема електрична принципова КТП (тип №3), схема електрична принципова АВР, схема електрична принципова КТП-1, схема електрична принципова РЩ-1-РЩ-4;
14. Запропонована схема підключення фотомодулів до інвертора тип - №1 та проведена порівняльна характеристика різних варіантів з'єднань «сонячного» кабелю;

15. Запропоновано план мережі власних потреб, план мережі постійного струму (ділянка №1), план мережі змінного струму (ділянка №1), план зведених мереж (ділянка №1);
16. Показано влаштування кабельних проходів у КТП;
17. Запропонована схема підключення приладів обліку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://sunsayenergy.com/technology/vse-scho-potribno-znati-pro-domashni-sonyachni-elektrostantsiyi>
2. Філюк Я. О. Світлотехнічні установки з автономним живленням на основі сонячних батарей з акумулюючими елементами / Філюк Я. О., Андрійчук В. А., Коваль В. П. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції „Сучасні особливості формування і управління інноваційним потенціалом регіонального розвитку туризму та рекреації із залученням молодіжного ресурсу“, 15-17 жовтня 2015 року — Т. : ТНТУ, 2015 — С. 185-186.
3. Пилипчук Ю.О. Енергоефективність системи позиціонування фотоелектричних батарей // Збірник тез доповідей - Т. : ТНТУ, 2017. - Том 3. - С. 139.
4. ТАРАСЕНКО, Микола Григорович; КОЗАК, Катерина Миколаївна. Енергоефективність сонячних електростанцій в Україні. Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування“, 2017, 230-232.
5. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12)
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25399
6. СНиП 3.05.06-85 Електротехнічні пристрої
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4682
7. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво «Форт», 2017. - 760 с.
8. ДНАОП 40.1-1.21-98. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text>
9. ГКД 341.004.1-94. Норми технологічного проектування підстанцій

змінного струму з високою напругою 6-750 кВ.

https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=64269

10.ДБН 360-92**. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень.

https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_360_92_ua/1-1-0-116

11.Решетник В.Я. Електричні системи і мережі: Навчальний посібник – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2010. - 191 с.

12.Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. 2-ге вид., перероб. І доп. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с.

13.Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>

ДОДАТКИ

Структурна схема електричних з'єднань 10 кВ

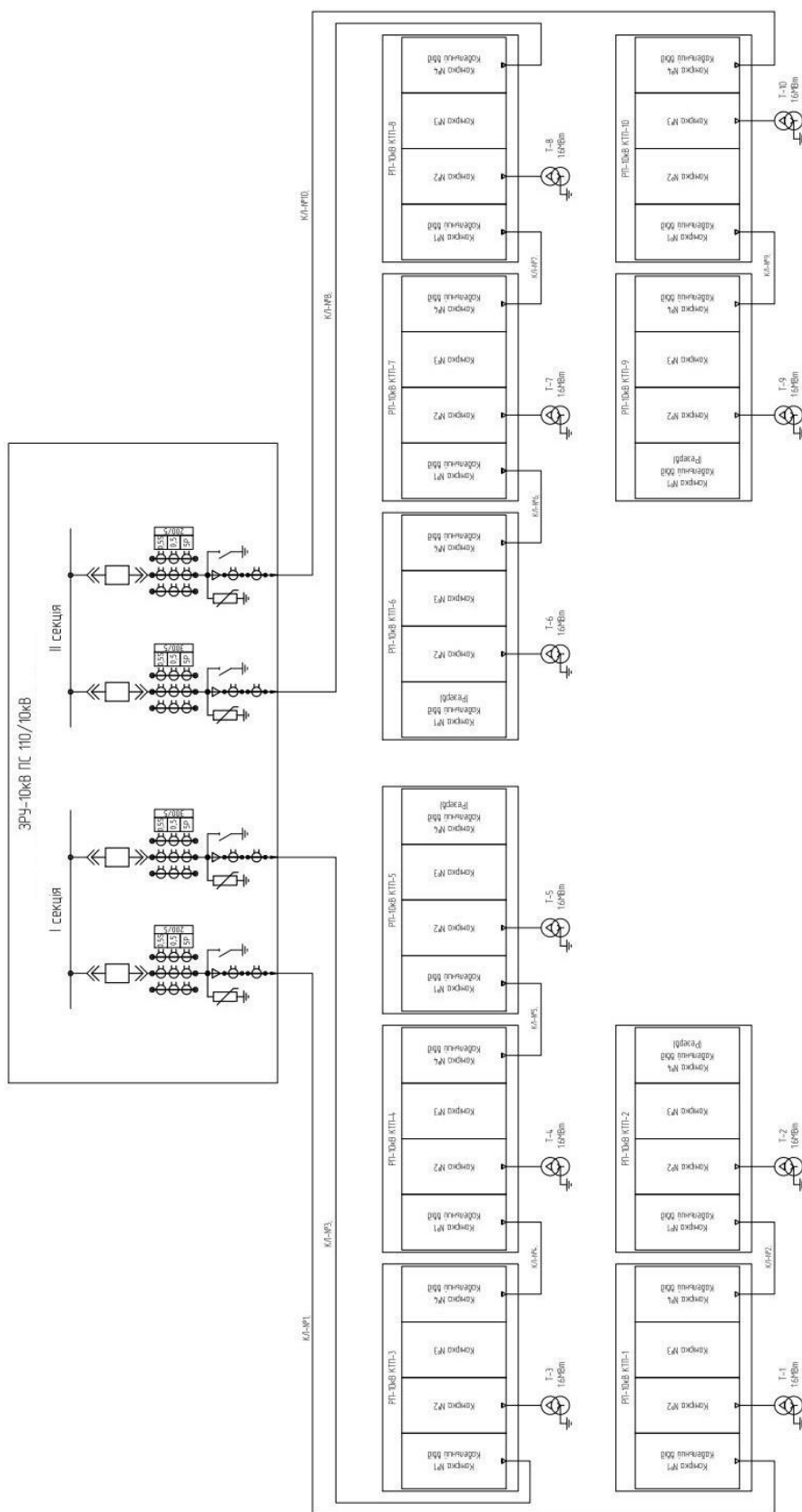


Рисунок 2.1 - Структурна схема електричних з'єднань 10 кВ.

План ЗРП-10 кВ. Схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ

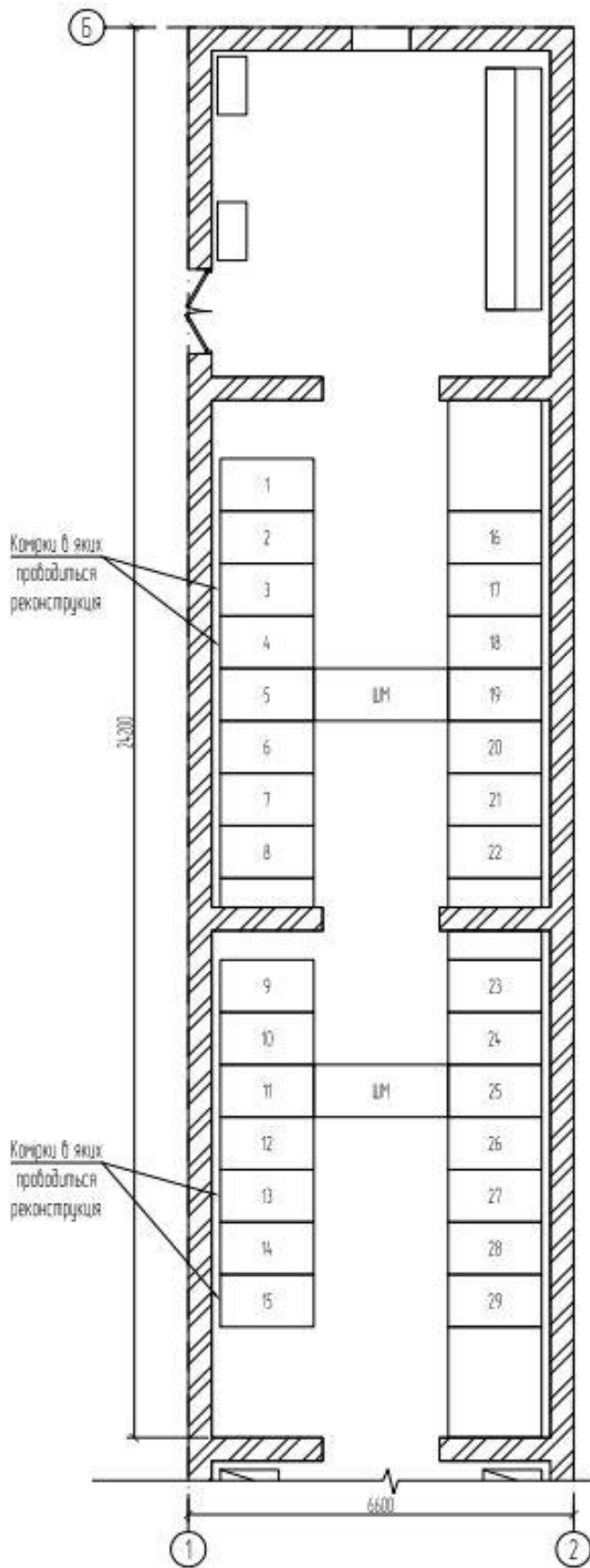


Рисунок 2.2 - План ЗРП-10 кВ.

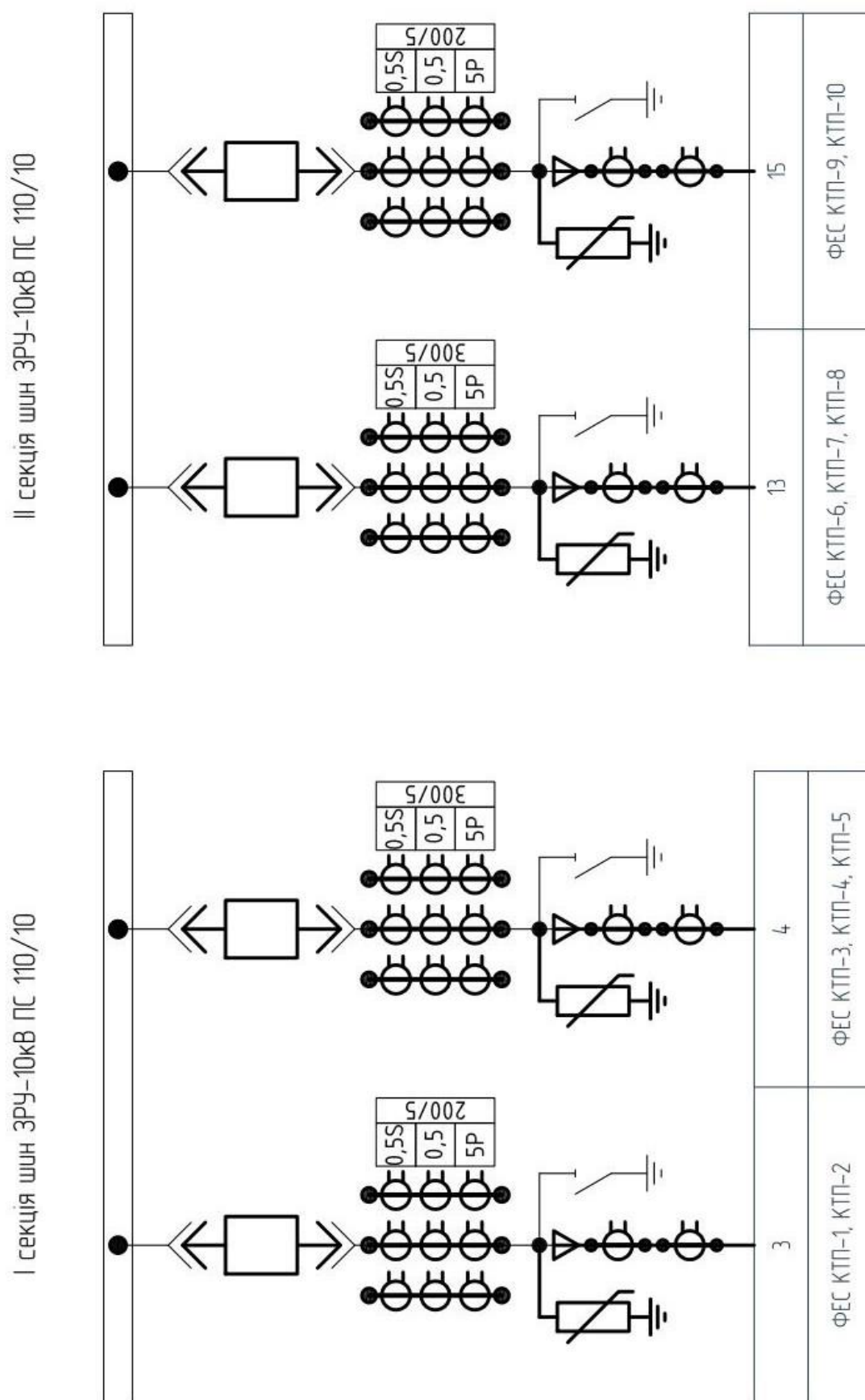


Рисунок 2.3 - Схеми лінійних комірок ЗРП-10 кВ.

Однолінійні схеми основної мережі

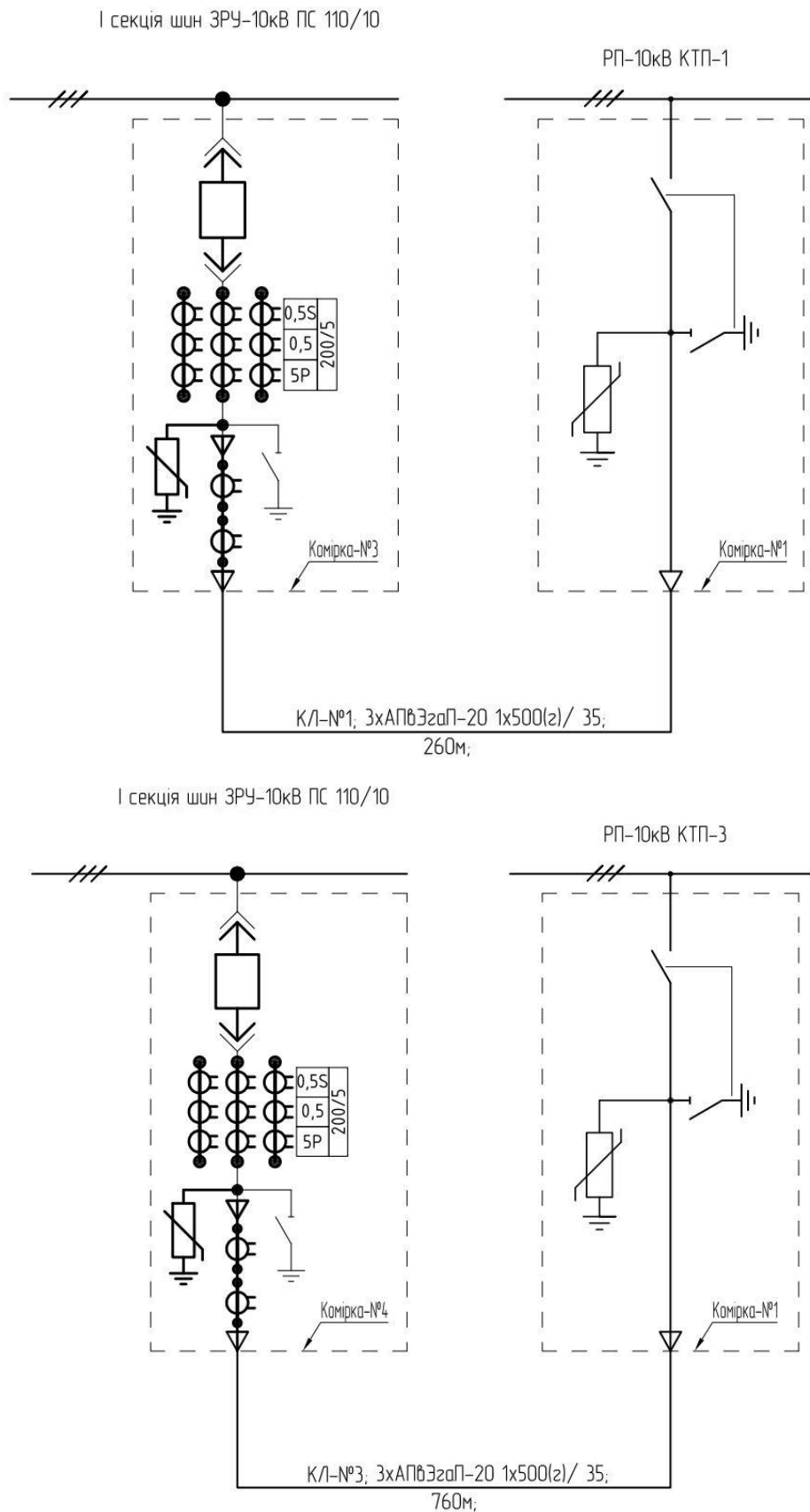


Рисунок 2.4 - Однолінійна схема основної мережі (частина 1).

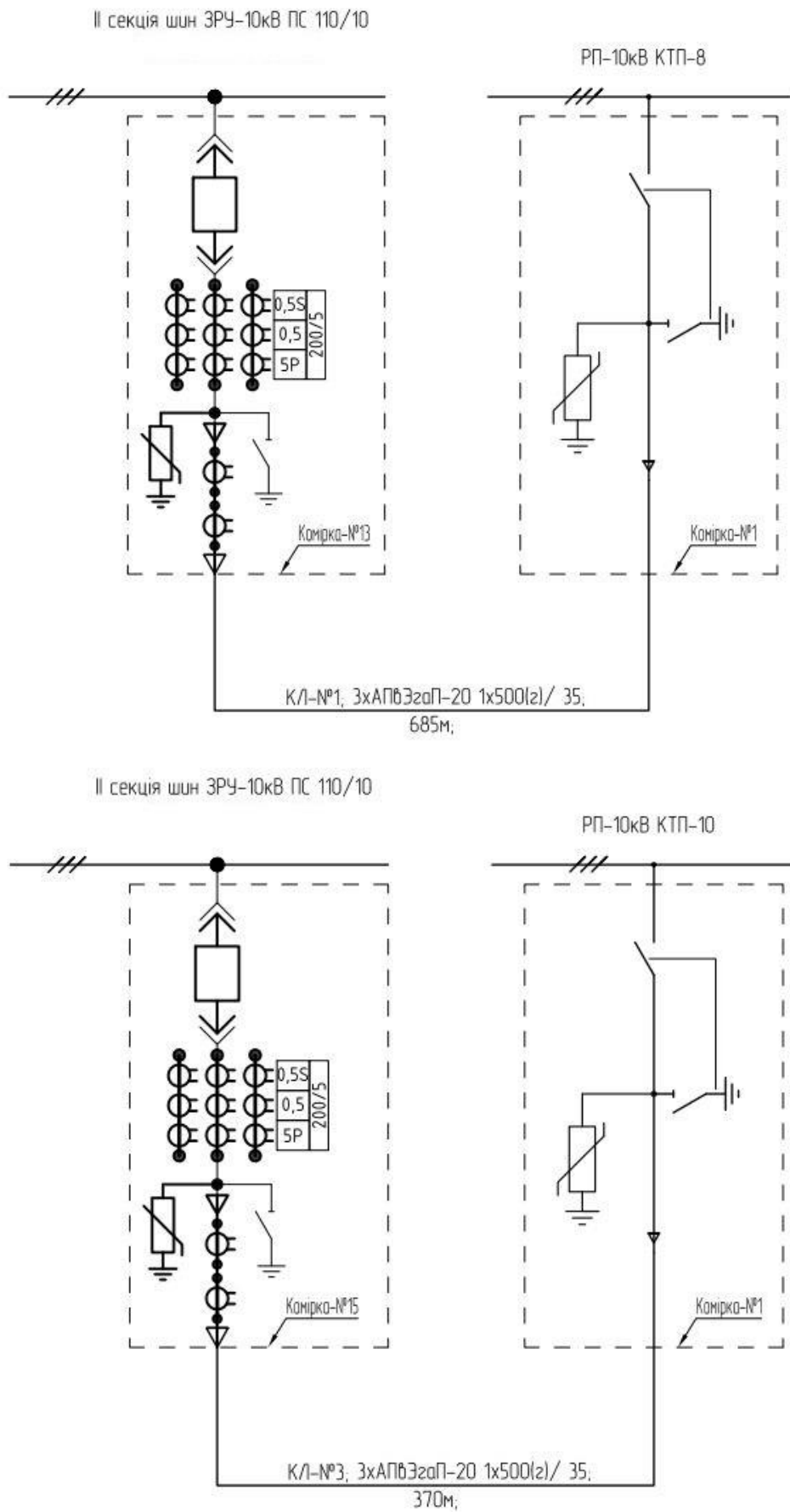


Рисунок 2.5 - Однолінійна схема основної мережі (частина 2).

Вивід кабельної лінії з КТП

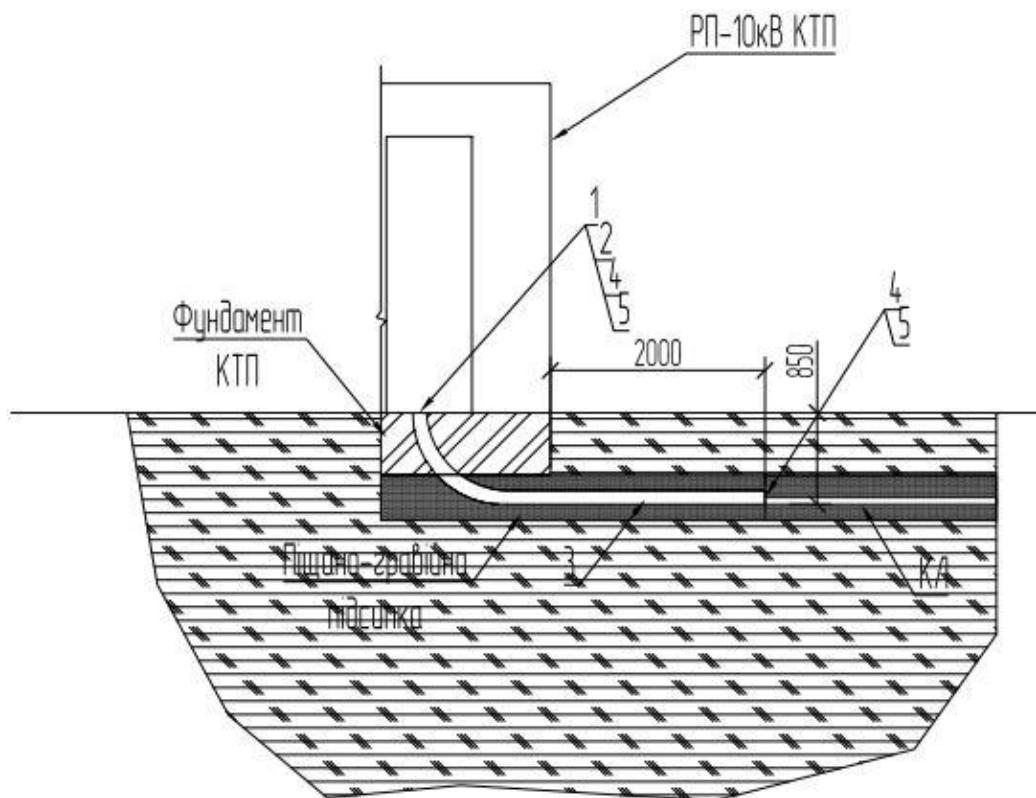


Рисунок 2.6 - Вивід кабельної лінії з комплектної трансформаторної підстанції.

Прокладання кабельної лінії по території ФЕС

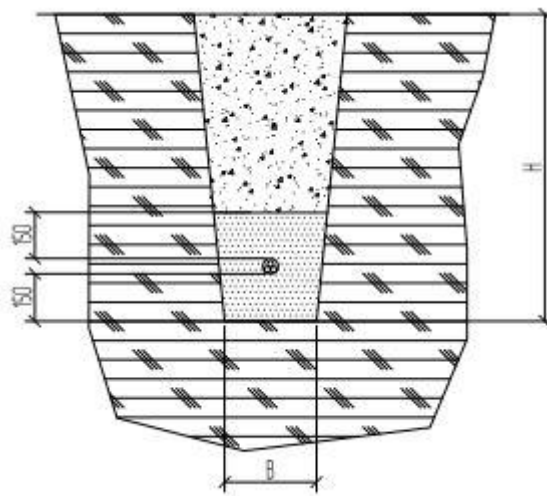


Рисунок 2.7 – Габарити траншеї.

Прокладання кабельної лінії по території ФЕС

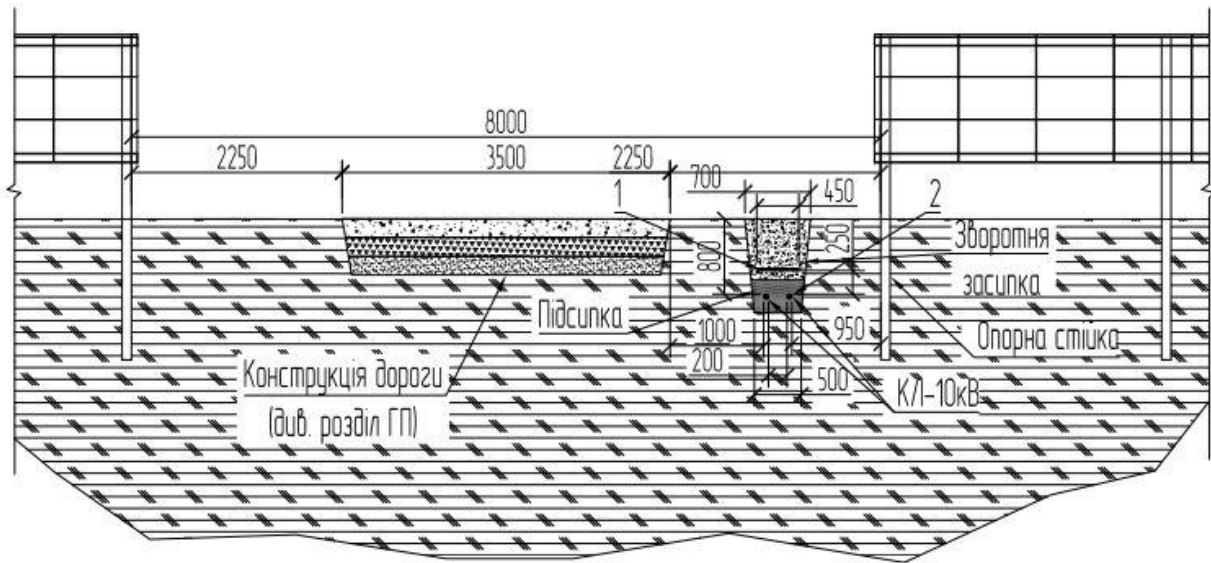


Рисунок 2.8 - Прокладання КЛ-10 кВ по території ФЕС.

Прокладання кабельної лінії за територією ФЕС

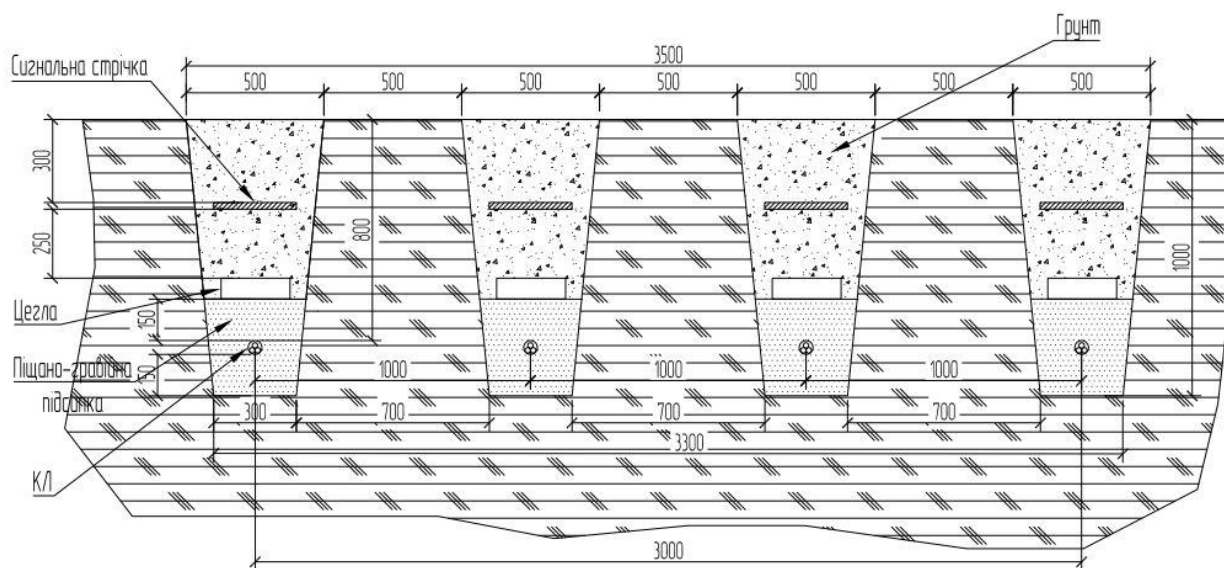


Рисунок 2.9 - Прокладання кабельної лінії за територією ФЕС.

Перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал

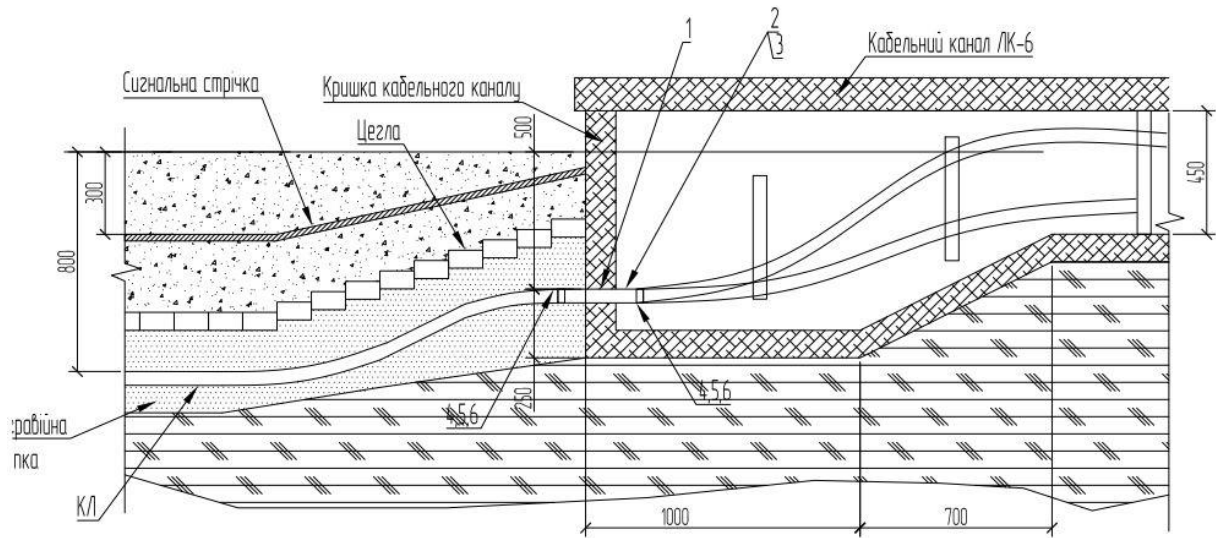


Рисунок 2.10 - Перехід кабельної лінії в траншеї в кабельний канал.

Додаток И

Прокладання кабельної лінії в кабельному каналі

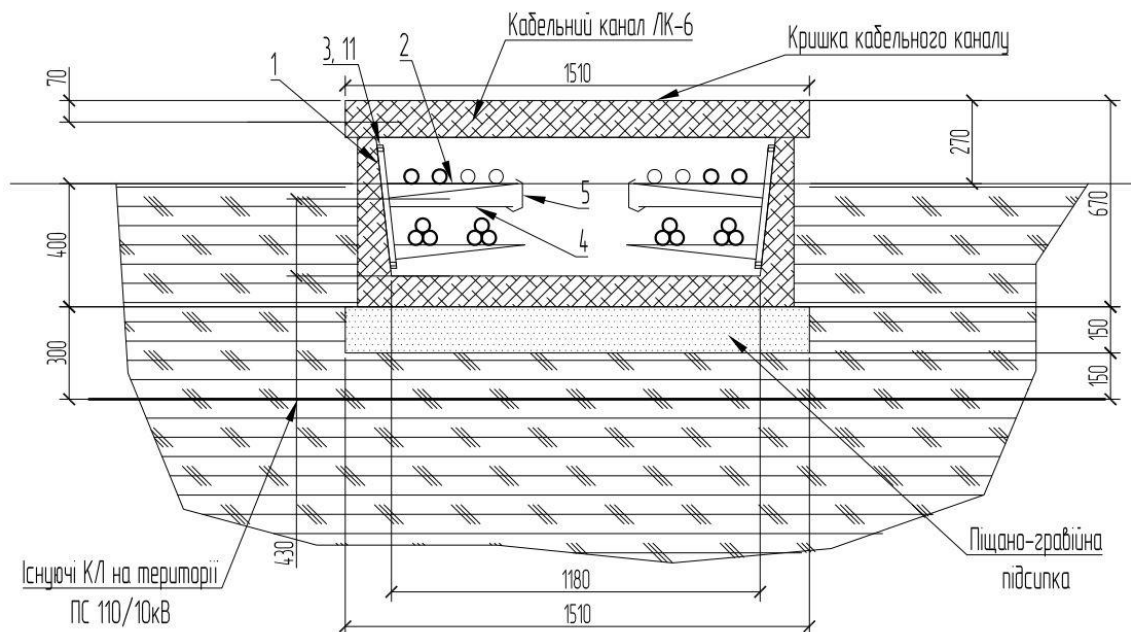


Рисунок 2.11 - Прокладання кабельної лінії в кабельному каналі ЛК-6.

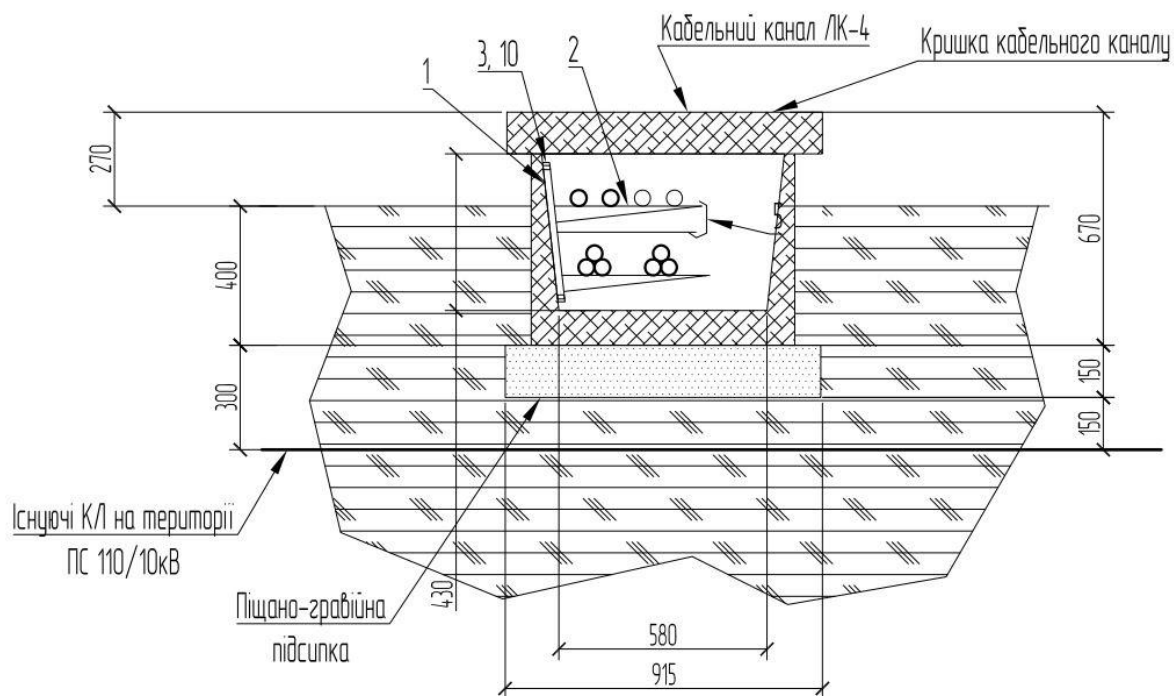


Рисунок 2.12 - Прокладання кабельної лінії в кабельному каналі ЛК-4.

Ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ

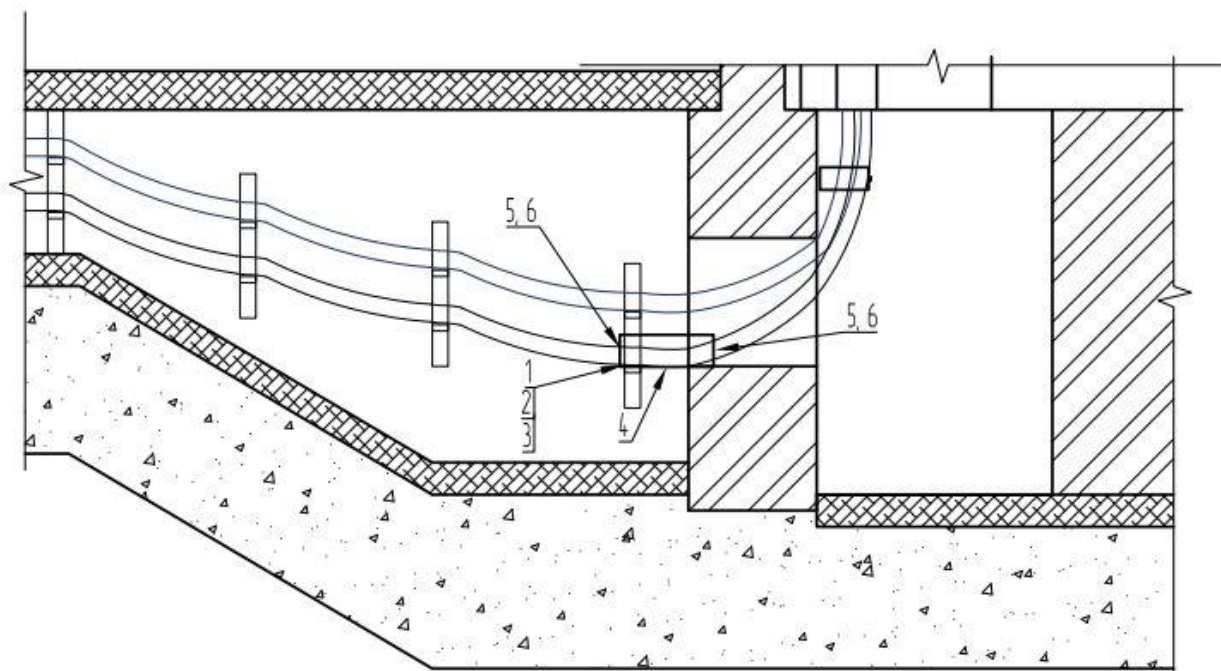


Рисунок 2.13 - Ввід кабельної лінії в ЗРП-10 кВ.

Прохід кабелів під дорогою

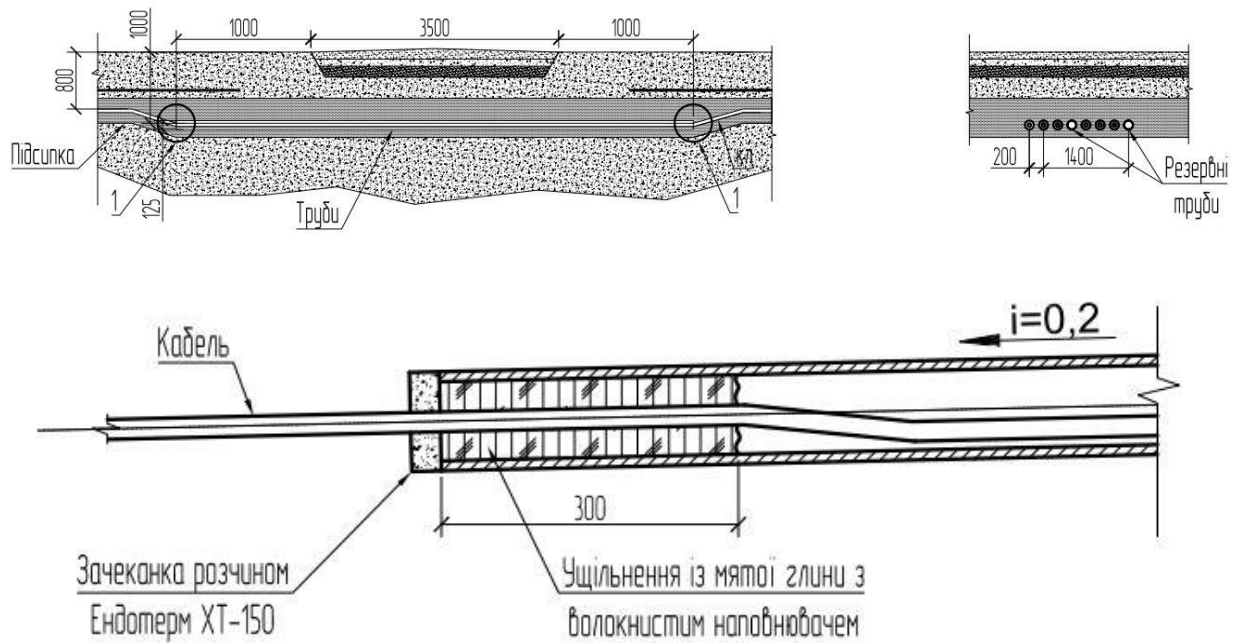


Рисунок 2.15 – Прохід кабелів під дорогою.

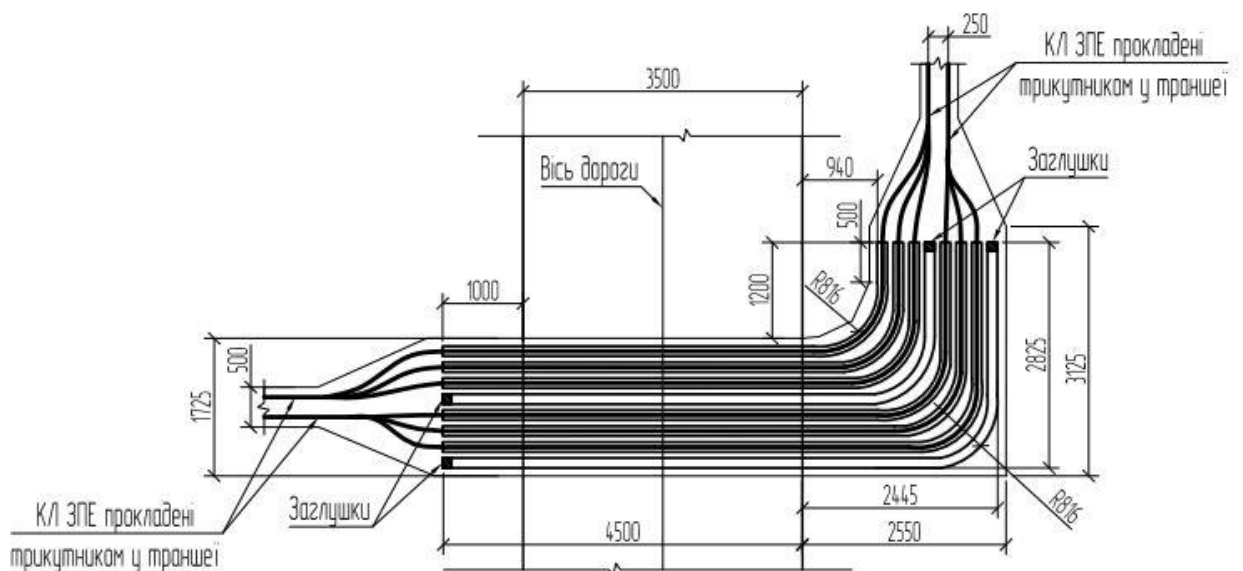


Рисунок 2.16 - Радіус згину кабелів при прокладці у трубах під дорогою.

Однолінійна електрична схема

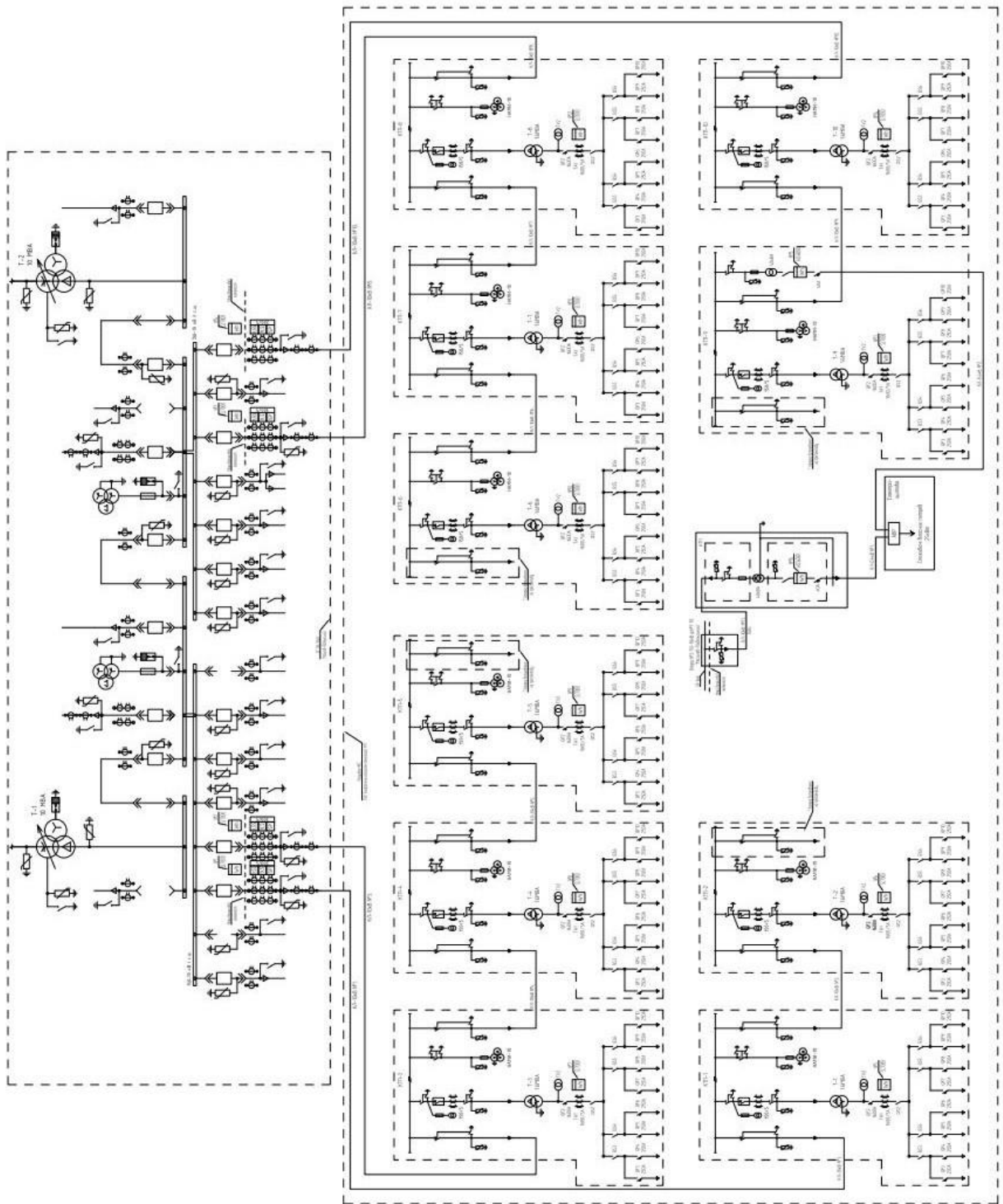


Рисунок 3.1 - Однолінійна електрична схема.

Обладнання КТП

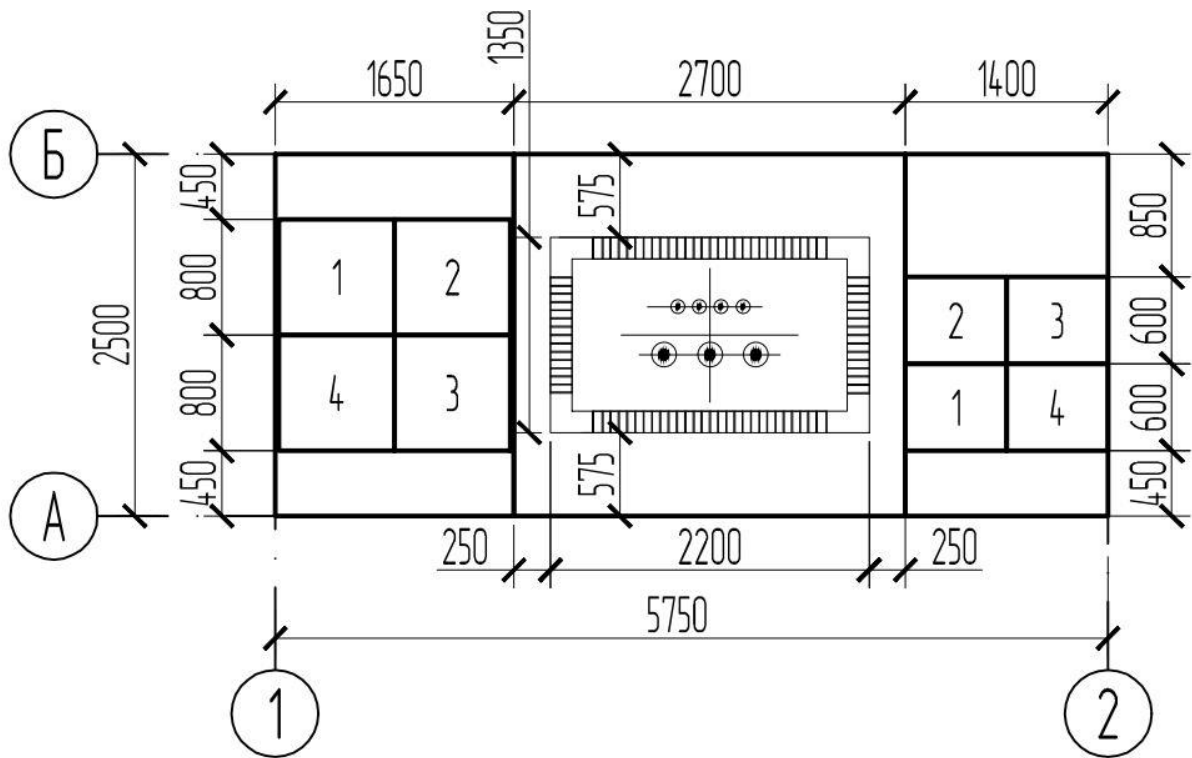


Рисунок 3.2 - План КТП (тип №1).

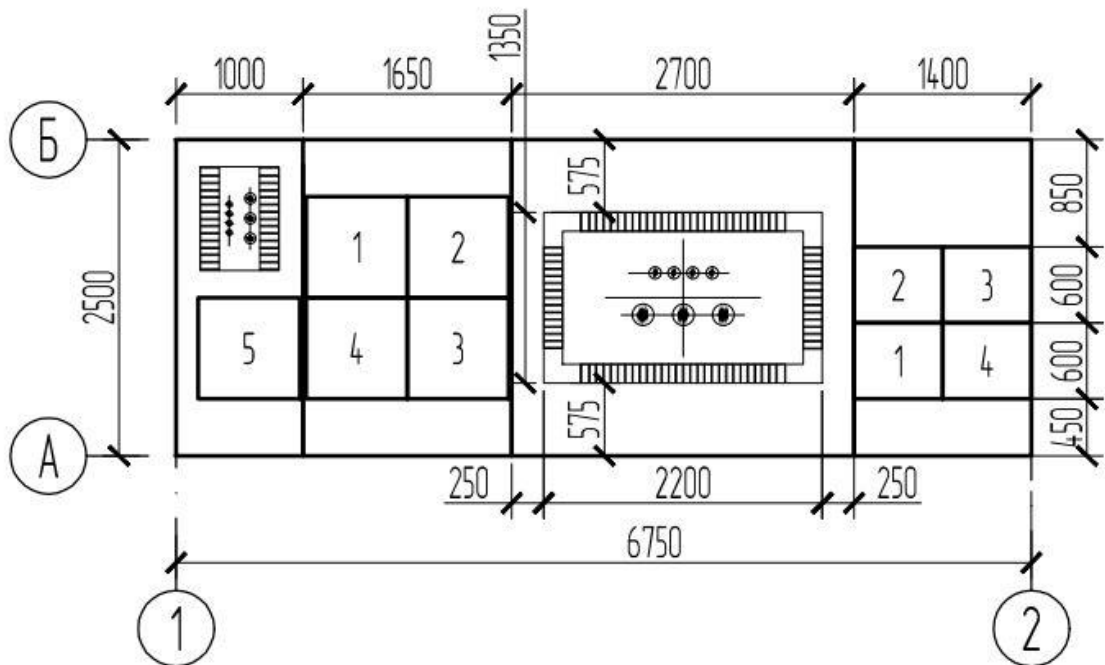
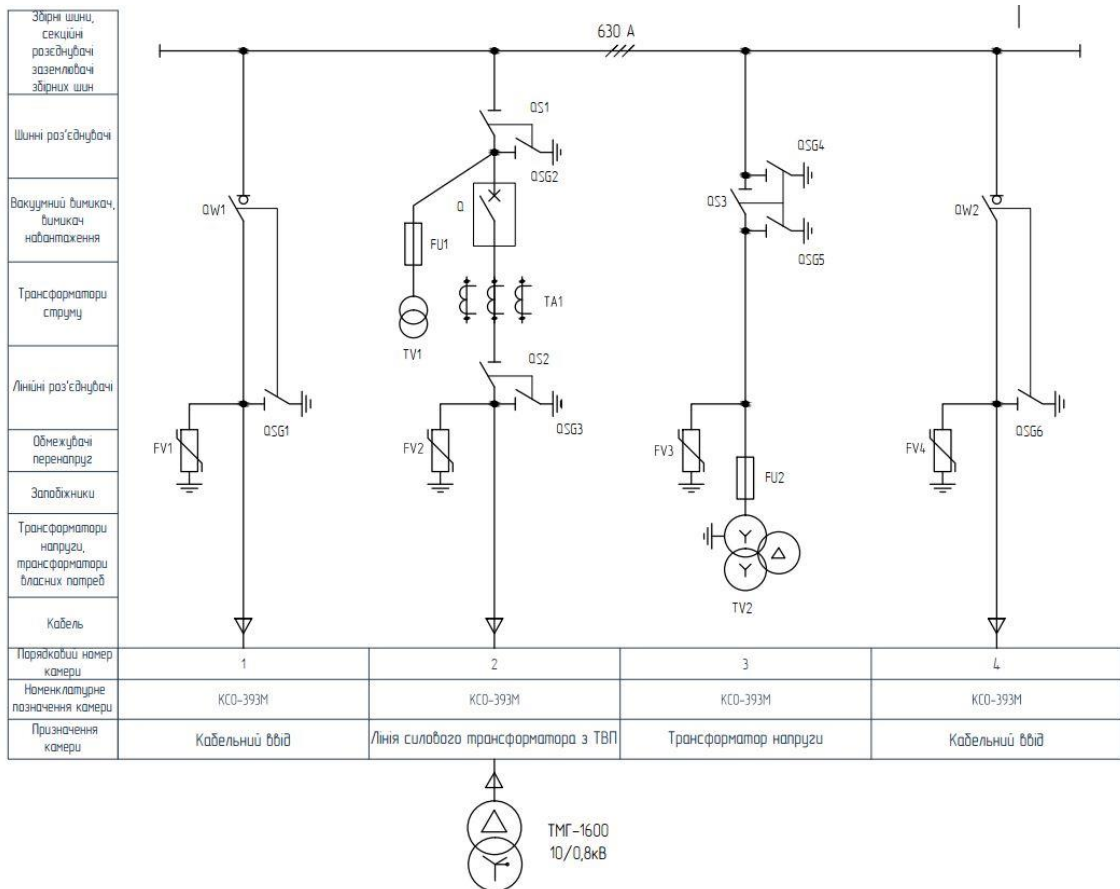


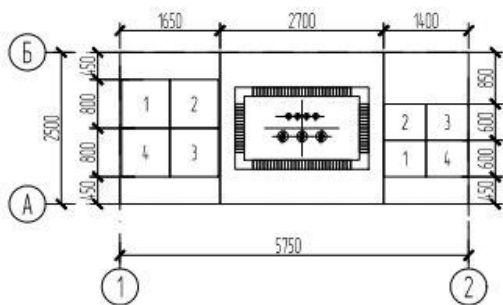
Рисунок 3.3 - План КТП (тип №2).

Додаток М

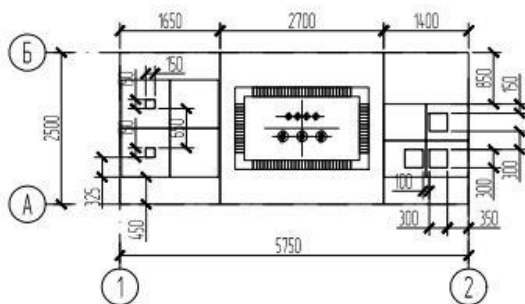
Схема електрична принципова РП-10 кВ КТП (тип №1).



План КТП (тип №1)



План КТП (тип №1)



Орієнтовний зовнішній вигляд КТП (тип №1)

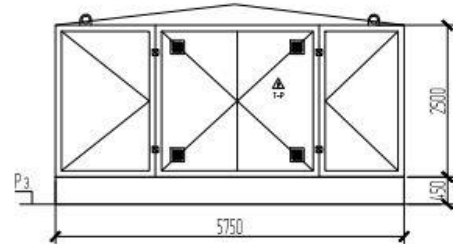


Рисунок 3.4 - Схема електрична принципова РП-10 кВ КТП (тип №1).

Додаток Н

Схема електрична принципова РП-0,8 кВ КТП

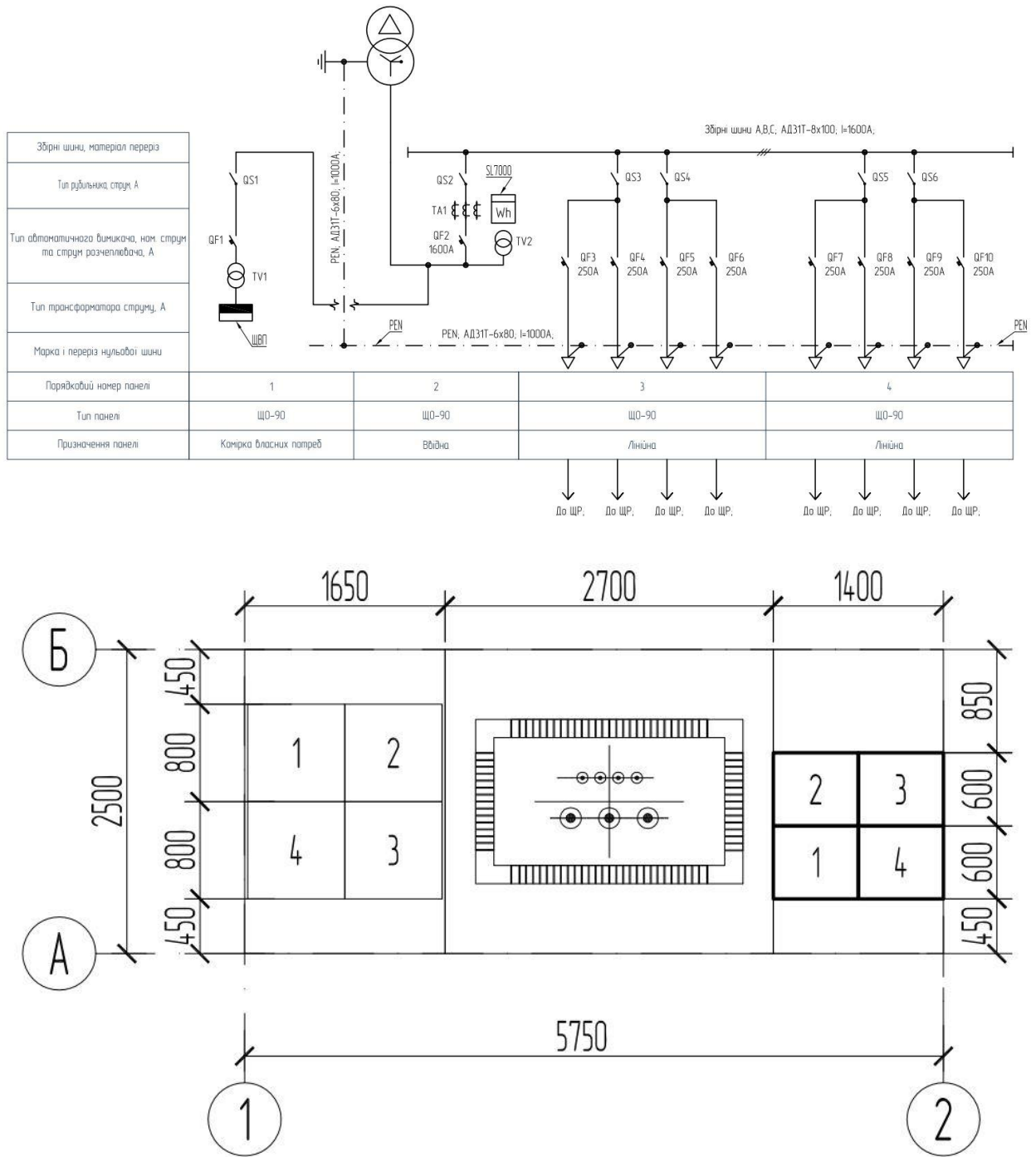


Рисунок 3.5 - Схема електрична принципова РП-0,8 кВ КТП.

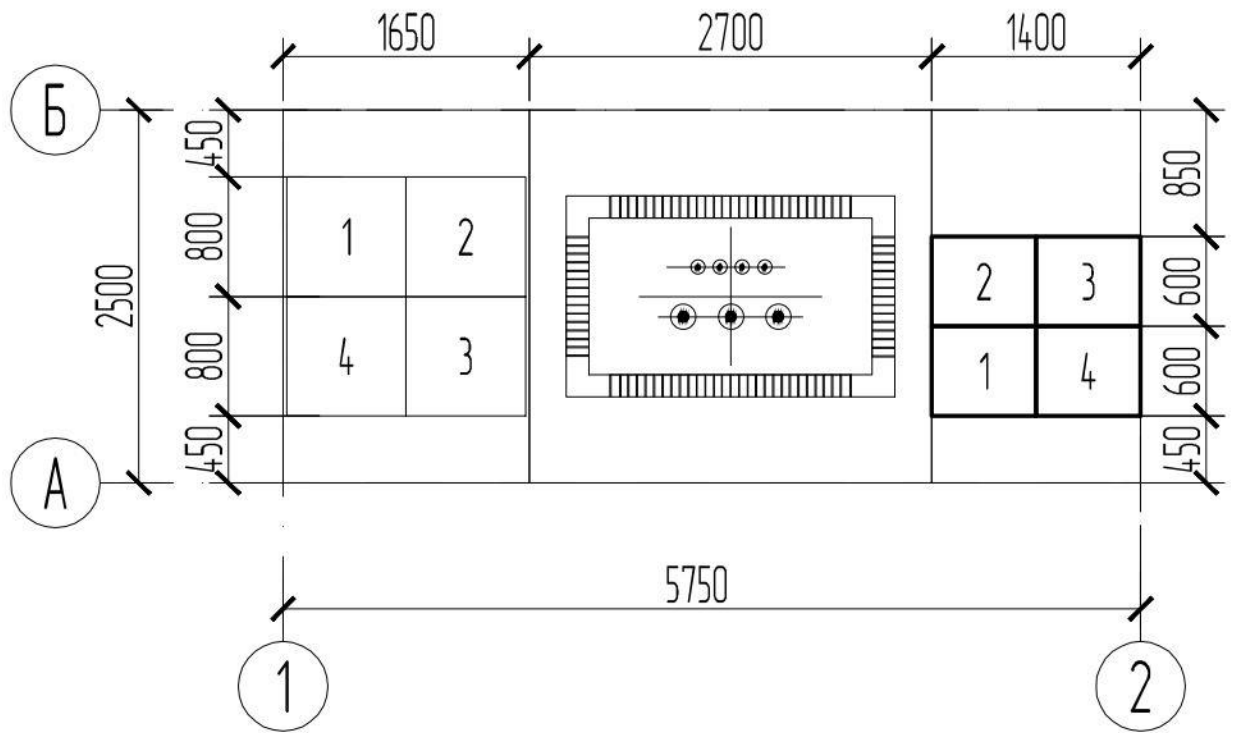
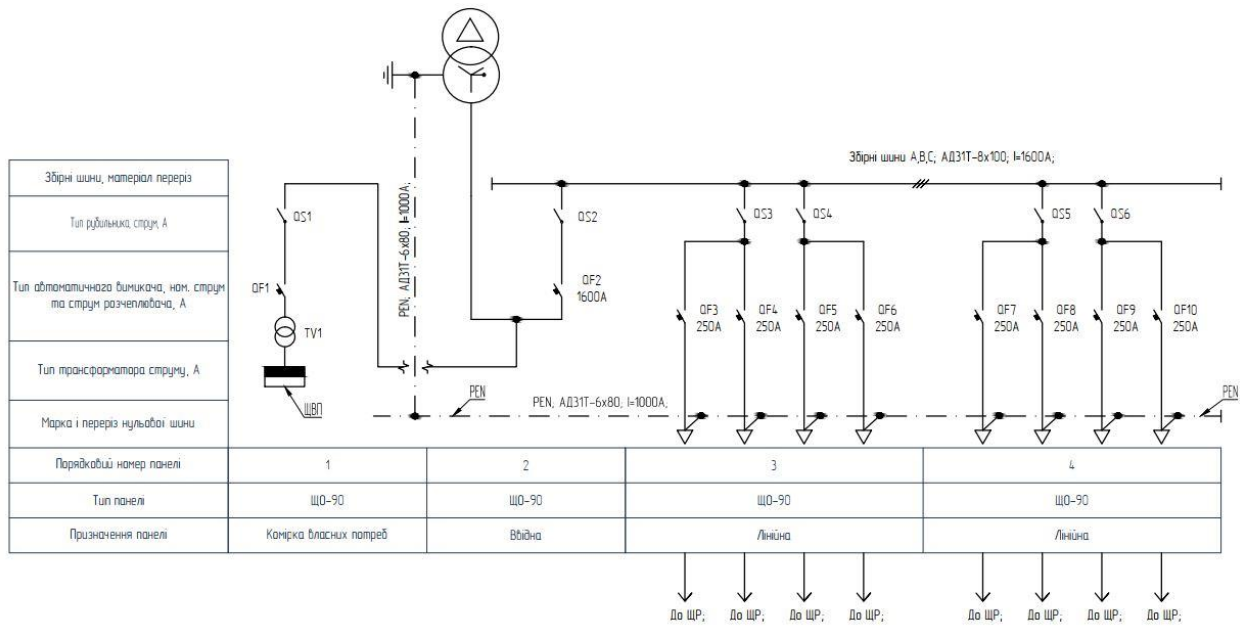


Рисунок 3.6 - Схема електрична принципова РП-0,8 кВ КТП.